



TESIS - TI42307

**PERANCANGAN STRATEGI PEMULIHAN
KOMPONEN KENDARAAN END-OF-LIFE DENGAN
PENDEKATAN TEKNIK PENGAMBILAN
KEPUTUSAN MULTI OBJEKTIF**

YUDI SYAHRULLAH
2512201201

DOSEN PEMBIMBING
Prof. Dr. Ir. Udisubakti Ciptomulyono, M. Eng. Sc.

PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN MANAJEMEN KUALITAS MANUFAKTUR
JURUSAN TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2015



THESIS - TI42307

MULTI OBJECTIVE PROGRAMMING APPROACH FOR DESIGN OF RECOVERY STRATEGY FOR END-OF-LIFE AUTOMOTIVES COMPONENTS

YUDI SYAHRULLAH
2512201201

SUPERVISOR
Prof. Dr. Ir. Udisubakti Ciptomulyono, M. Eng. Sc.

MASTER PROGRAM
QUALITY AND MANUFACTURING MANAGEMENT
DEPARTMENT OF INDUSTRIAL ENGINEERING
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2015

PERANCANGAN STRATEGI PEMULIHAN KOMPONEN KENDARAAN *END-OF-LIFE* DENGAN PENDEKATAN TEKNIK PENGAMBILAN KEPUTUSAN MULTI OBJEKTIF

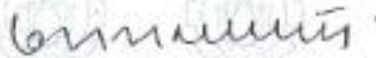
Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Teknik (MT)
di

Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh :
YUDI SYAHRULLAH
2512201201

Tanggal Ujian : 3 Juni 2015
Periode Wisuda : September 2015

Disetujui oleh Tim Penguji Tesis:



1. Prof. Dr. Ir. Udsubakti Ciptomulyono, M.Eng. Sc (Pembimbing I)
NIP. 195903181987011001

2. Maria Anityasari, ST, ME, Ph.D (Penguji 1)
NIP. 197011201997032001

3. Putu Dana Karningsih, ST, M.Eng.Sc., Ph.D (Penguji 2)
NIP. 197405081999032001



Direktur Program Pascasarjana,

Prof. Dr. Ir. Adi Soeprijanto, MT
NIP. 196404051990021001

PERANCANGAN STRATEGI PEMULIHAN KOMPONEN KENDARAAN *END-OF-LIFE* DENGAN PENDEKATAN TEKNIK PENGAMBILAN KEPUTUSAN MULTI OBJEKTIF

Nama Mahasiswa: Yudi Syahrullah

NRP : 2512201201

Pembimbing : Prof.Dr. Ir. Udisubakti Ciptomulyono, M.Eng. Sc

ABSTRAK

Prediksi Forst dan Sullivan (2013) yang menyatakan bahwa tahun 2019 kawasan ASEAN akan menjadi kawasan dengan penjualan terbesar ke lima di dunia dengan Indonesia sebagai penguasanya, membuat para produsen semakin gencar meningkatkan produksi dan menjual produk sebesar – besarnya. Distribusi dan penggunaan kendaraan oleh konsumen menjadi semakin meningkat, sehingga beberapa puluh tahun kedepan Indonesia dapat dipenuhi oleh kendaraan – kendaraan yang masih digunakan atau sudah berakhir masa pakainya oleh konsumen (Kendaraan *End-of-Life/ EOL*). Unieropa telah lebih dahulu mengeluarkan regulasi untuk pengelolaan kendaraan EOL, yaitu pedoman EU ELV (2008/98/EC). Menjawab tantangan tersebut, produsen harus mempersiapkan strategi *sustainable manufacturing*, yaitu dengan menetapkan strategi pemulihan komponen kendaraan EOL. Pemulihan komponen kendaraan EOL dinegara berkembang seperti Indonesia belum mendapat perhatian khusus baik dari pemerintah maupun industri. Perlu adanya suatu acuan sebagai model dalam merancang strategi pemulihan kendaraan EOL yang mempertimbangkan 3 dimensi *sustainability*, yaitu lingkungan, sosial dan ekonomi. Masalah yang dihadapi saat ini oleh industri otomotif di Indonesia adalah belum tersedianya sebuah *framework* yang dapat dijadikan model dalam merancang jaringan pemulihan komponen kendaraan EOL.

Teknik *goal programming* sebagai *multiobjective programming* digunakan untuk mensimulasikan model dalam menyelesaikan masalah – masalah optimasi. Penelitian ini dapat membantu produsen otomotif untuk merancang strategi pemulihan komponen kendaraan EOL dengan objektif multi *goal*, diantaranya: memaksimalkan keuntungan (*net income*), mengurangi dampak lingkungan (emisi CO₂), jumlah komponen yang dipulihkan (*repair* dan *refurbish*) oleh produsen dan jumlah komponen yang didaur ulang (*recycle*) oleh *recycler*. Model matematis dirancang untuk menyelesaikan permasalahan tersebut dan *software lingo 11* digunakan untuk menyelesaikan model yang dirancang. Model yang dirancang menghasilkan pilihan lokasi untuk fasilitas pemulihan dan jumlah komponen yang akan dialokasikan untuk masing – masing fasilitas pemulihan komponen kendaraan EOL. Aplikasi model pada salah satu produsen Z dilakukan untuk mengetahui sensitivitas variabel dari perubahan parameter dan diperoleh bahwa biaya untuk pembukaan fasilitas dan biaya untuk masing – masing alternatif pemulihan mempengaruhi alternatif strategi pemulihan kendaraan yang dipilih. Penurunan target untuk minimasi dampak lingkungan,dapat memberikan solusi

strategi yang lebih optimal dan dapat meningkatkan *net income*. Rasio kemampuan untuk melakukan pemulihan komponen kendaraan EOL sangat penting untuk menentukan objektif atau target yang ingin dicapai dalam merencanakan strategi pemulihan komponen kendaraan EOL.

Kata Kunci: *Sustainable Manufacturing*, Pemulihan Kendaraan *End-Of-Life*, Teknik Pengambilan Keputusan Multi Kriteria Dan *Goal Programming*

MULTI OBJECTIVE PROGRAMMING APPROACH FOR DESIGN OF RECOVERY STRATEGY FOR END-OF-LIFE AUTOMOTIVES COMPONENTS

By : Yudi Syahrullah
Student Identity Number : 2512201201
Supervisor : Prof.Dr. Ir. Udisubakti Ciptomulyono, M.Eng.Sc

ABSTRACT

Based on projection of Forst and Sullivan (2013), ASEAN countries will be the most fifth sales of automotive in the world and Indonesia to be the leading sales country which in term automotive industries are going to increase the volume of production and it's sales. In such situation, Indonesia would be addressed region of automotive's world marketing and distribution. For the next few decades it is found that the mostly vehicle around in Indonesia could be fulfill with end-of-life (EOL) car. Compared to European Country having regulation for managing the problems of end-of-life car, industrial automotive of Indonesia should take care a sustainable manufacturing strategy for initial action. This research aim to design EOL vehicle recovery strategy which takes into account a multiobjective of consideration for sustainable issues namely: environment, social and economics. To do so, this study concern to design recovery strategy which include profitability dimensions, environmental impacts, the number of component that would recycleable and that would be restored by recycler. The current problem faced by Indonesian automotive industry are unavailability of the framework as a model that can be used to designing network of EOL vehicle recovery for automotives components.

Multi Objective Decision Making (MODM) is an appropriate decision-making techniques in engineering and goal programming is the most popular method to resolve this problem. A goal programming as multiobjective programming form is proposed to simulate the model for solving the optimazion of problems. This research can be supported the automotive manufacturers to design vehicle components EOL recovery strategy with multi objective goal, including: profitability, environmental impact, the number of components restored by the manufacturer and the number of components that are recycled by recycler. The mathematical model was designed to solve this problem and software lingo 11 was used to solving the proposed model. The deliverables of the proposed mathematical model include: locations for the different facilities and the amount to be allocated to the different End of Life (EOL) options. Application model of vehicle components recovery strategy at manufacturer (Z) was conducted to determine the sensitivity of a variable parameter changes, already found that costs for the opening of the facility and the cost for each vehicle components recovery strategy option affects the result of decision variabel that was determided. Reduction targets for minimizing the environmental impact, can provide more optimal solutions and strategies would be increase net income. The ratio of the ability to perform recovery

vehicle component EOL is very important to determine the objective or target to be achieved in planning recovery strategies EOL vehicle components.

Keywords: Sustainable Manufacturing, Recovery of End-of-Life Vehicles, Multi Objective Decision Making (MODM) and Goal Programming

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, Tuhan yang Maha pengasih dan Maha penyayang dengan segala berkat, rahmat dan nikmat-Nya, penulis dapat menuliskan Tesis yang berjudul **“Perancangan Strategi Pemulihan Komponen Kendaraan *End-of-Life* Dengan Pendekatan Teknik Pengambilan Keputusan Multi Objektif”** tepat pada waktunya. Tesis merupakan syarat kelulusan pada program Strata-2 Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember – Surabaya yang harus diselesaikan oleh penulis.

Dalam proses penyusunan Tesis ini, penulis memperoleh berbagai macam dukungan dari beberapa pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih kepada pihak-pihak yang telah memberikan dukungan baik secara moral maupun materiil, diantaranya:

1. Allah SWT, atas segala rahmat, berkah dan kesempatan yang selalu diberikan kepada penulis untuk menyelesaikan Tesis ini.
2. Ibu Yumnah dan Bapak Husin, Orang tua penulis yang selalu memberikan kebebasan dan kepercayaan kepada penulis untuk memilih jalan hidup yang penulis impikan dengan segala do'a dan dukungan tiada henti, serta kepada saudara kandung penulis, Ika mega yanti dan Arfian maulana atas segala do'a dan dukungannya.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Udisubakti Ciptomulyono, M.Eng, Sc, selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, masukan, nasihat serta pengalaman yang menginspirasi penulis untuk mengambil topik penelitian saat ini dan membantu memberikan arahan yang bermanfaat untuk penyelesaian tesis ini.
4. Bapak Prof.Ir.Moses L. Singgih, M.Reg.Sc, Ph.D. yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk bergabung sebagai mahasiswa Magister Teknik Industri ITS dan juga memberikan banyak masukan kepada penulis sebagai penguji pada seminar proposal Tesis penulis.
5. Ibu Maria Anityasari, ST, ME, Ph.D dan Ibu Putu Dana Karningsih, ST, M.Eng.Sc., Ph.D selaku dosen pada konsentrasi Manajemen Kualitas dan

Manufaktur serta sebaga dosen penguji tesis yang telah memberikan berbagai macam pengetahuan dan informasi sebagai masukan serta ide kepada penulis untuk perbaikan Tesis ini.

6. Bapak Erwin Widodo, ST, M.Eng., Dr. Eng yang selalu mengingatkan dan memotivasi kami para mahasiswa S2 Teknik Industri untuk segera menyelesaikan Tesis masing-masing.
7. Sahabat – sahabat penulis angkatan 2012 (ganjil dan genap), terutama teman-teman lembur di ruang S2 (Afiv, Pak Alfa, Danang, Fiki, Handi, Jawad, Jefi, Mba den, Nia dan Wahyu), teman – teman ngerjain tugas bareng (Aan, Anggi, Bang didi, Dini, Eka, Got, Ida, Mae, Mba Herlina, Winda, Vira, Toom dan Wahyudi).
8. Seluruh rekan-rekan mahasiswa Magister Teknik Industri ITS, baik rekan senior maupun yunior, terutama sesama pejuang Tesis #112 dan penghuni ruang S2, Wiwin, Luli, Ida dkk. Semoga kita selalu diberikan perlindungan dari Tuhan YME dan kesuksesan sesuai cita – cita kita semua.
9. Sahabat – sahabat *traveler* yang mendampingi penulis dalam melakukan beberapa perjalanan, Andi, Candra, Elfriday dan Sahabat-sahabat baru yang penulis temui selama perjalanan dan pendakian. Terimakasih telah menginspirasi penulis untuk selalu bersyukur atas kebesaran Sang Maha Pencipta, jangan pernah lelah untuk menjelajahi alam Indonesia.
10. Mega, Retno, Kuncoro serta semua sahabat-sahabat Alaska yang menginspirasi penulis untuk kembali melanjutkan kuliah, bersama kalian penulis berani bangun dari mimpi dan berusaha mewujudkannya.
11. Mas Wanto rekan penulis selama kuliah S1 yang telah membantu penulis untuk memberikan data – data yang penulis butuhkan dan juga bersedia untuk penulis wawancara terkait penelitian Tesis ini.
12. PT. House of Quality Indonesia (HOQI) yang telah bersedia memberikan penulis untuk bekerja sebagai Auditor disela – sela waktu kuliah dan penyelesaian Tesis ini, terutama kepada Mba Dahniar, Mba Ninik dan Rekan – rekan Auditor yang bersedia bertukar jadwal audit ketika saya harus menyelesaikan tugas – tugas kuliah terutama saat penyelesaian

Tesis ini. Terimakasih untuk pengertiannya dan memberikan waktu kerja yang fleksibel kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa dalam menyusun Tesis ini masih ada kekurangan. Oleh karena itu, saran dan masukan yang membangun sangat penulis butuhkan demi kesempurnaan Tesis ini. Semoga tesis ini dapat memberikan manfaat dan kontribusi demi kemajuan bangsa Indonesia ini.

Surabaya, Mei 2015

Penulis

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xxi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	7
1.3 Tujuan Penelitian	8
1.4 Manfaat Penelitian	8
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	8
1.5.1 Batasan	8
1.5.2 Asumsi	9
1.6 Sistematika Penulisan	10
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	13
2.1 <i>Sustainable Manufacturing</i> untuk Produksi dan Konsumsi yang Berkelanjutan	13
2.2 Pemulihan Produk <i>End-of-Life</i> (EOL)	14
2.2.1 Strategi Pemulihan Produk <i>End-of-Life</i>	16
2.2.2 Pemulihan Kendaraan <i>End-of-Life</i>	20
2.3 Pengambilan Keputusan Multi Kriteria	27
2.3.1 Pendekatan MADM (<i>Multiple Attribute Decision Making</i>)	28
2.3.2 Pendekatan MODM (<i>Multiple Objective Decision Making</i>)	31
2.4 Model <i>Goal Programming</i>	33

2.4.1	<i>Goal Programming Non Preemptif</i>	34
2.4.2	<i>Goal Programming Preemptif</i>	35
2.5	Merancang Strategi Pemulihan Kendaraan dengan Model <i>Goal Programming</i>	38
2.6	GAP dan Posisi Penelitian	46
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN		53
3.1	Kerangka Pengembangan <i>Framework Sustainability Assessment</i>	53
3.2	Tahap – Tahap Dalam Penelitian	54
BAB 4 PENGEMBANGAN MODEL		59
4.1	Deskripsi Pengembangan Model	59
4.2	Formulasi Model	62
4.2.1	Notasi Model	62
4.2.2	Formulasi Model	68
4.2.2.1	<i>Soft Constraint</i>	69
4.2.2.2	<i>Rigid Constraint</i>	74
BAB 5 APLIKASI MODEL DAN ANALISIS		79
5.1	Pengumpulan Data	79
5.1.1	Pemilihan Lokasi, Produk dan Komponen untuk Pemulihan	79
5.1.2	Parameter untuk Aplikasi Model	82
5.2	Aplikasi Model	94
5.2.1	Uji Validasi dan Aplikasi Model	95
5.3	Analisis Sensitivitas	98
5.3.1	Analisis Perubahan Biaya Pembukaan Fasilitas Terhadap Variabel Keputusan	103
5.3.2	Analisis Perubahan Tingkat Aspirasi Terhadap Variabel Keputusan	108
5.3.3	Analisis Perubahan Rasio Kemampuan Pemulihan Komponen Terhadap Variabel Keputusan	112

5.3.4 Analisis Perubahan Parameter terhadap Variabel Keputusan dengan Menentukan Prioritas Fungsi Objektif	114
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN	127
6.1 Kesimpulan	127
6.2 Saran	129
DAFTAR PUSTAKA	131
Lampiran 1.a. <i>Coding</i> dengan Lingo 11 dan Hasil Aplikasi Model untuk Uji Validasi (Sub – Bab 5.2.1)	135
Lampiran 1.b. <i>Coding</i> dengan Lingo 11 Hasil Aplikasi Model untuk Analisis Sensitivitas Skenario 1 (Sub – Bab 5.3.1 & 5.3.2)	157
Lampiran 1.c. Hasil Aplikasi Model untuk Analisis Sensitivitas Skenario 1 (Sub – Bab 5.3.3)	179
Lampiran 1.d. Hasil Aplikasi Model untuk Analisis Sensitivitas Skenario 1 (Sub – Bab 5.3.4)	195
Lampiran 2. Informasi Kawasan Industri Potensial	211
BIODATA PENULIS	215

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi Alternatif Pemulihan Produk EOL Kriteria 1	19
Tabel 2.2 Analisis SWOT Pemulihan Produk Kendaraan EOL	21
Tabel 2.3 Elemen – Elemen Dampak Ekonomi Dan Lingkungan Untuk Jaringan Daur Ulang Kaca – Kaca Kendaraan EOL	24
Tabel 2.4 Perbandingan Metoda MADM dan MODM.....	27
Tabel 2.5 Setting Terpilih Untuk Mesin <i>Milling</i> Pada <i>Work Cell</i> Produksi	29
Tabel 2.6 Alternatif <i>Net Ranking</i> dengan Menggunakan Metode <i>Promethee</i>	30
Tabel 2.7 GAP Penelitian	48
Tabel 2.8 Posisi Penelitian	51
Tabel 5.1 Lokasi Pengumpulan Kendaraan Dan Pemulihan Kendaraan	80
Tabel 5.2 Komponen Produk (Q) Untuk Komponen <i>Assembly</i> (S) Dan Part (P) Kendaraan EOL Yang Dipulihkan.....	81
Tabel 5.3 Jarak Antara Lokasi Pengumpulan Kendaraan EOL Dengan Lokasi <i>Disassembly</i>	82
Tabel 5.4 Parameter Biaya Pembukaan Pusat <i>Disassembly</i> dan Pabrik Pemulihan	83
Tabel 5.5 Parameter Kapasitas Masing-Masing Lokasi Pusat Pengumpulan Kendaraan EOL.....	83
Tabel 5.6 Parameter Kapasitas <i>Disassembly</i> , <i>Repair</i> Dan <i>Refurbish</i> Komponen <i>Assembly Part</i>	84
Tabel 5.7 Parameter Kapasitas (Menit) <i>Disassembly</i> , <i>Repair</i> Dan <i>Refurbish</i> Komponen <i>Assembly Part</i>	84
Tabel 5.8 Parameter Rasio Pemulihan Komponen untuk Masing – Masing Alternatif Pemulihan	85
Tabel 5.9 Parameter Biaya <i>Disassembly</i> Komponen Kendaraan EOL.....	87
Tabel 5.10 Parameter Biaya Inspeksi Hasil Pemulihan Komponen Kendaraan EOL	87
Tabel 5.11 Parameter Biaya Transportasi Hasil Pemulihan Komponen Kendaraan EOL.....	88
Tabel 5.12 Parameter Biaya Pemulihan Komponen Kendaraan EOL.....	89

Tabel 5.13 Parameter Harga Jual Komponen Kendaraan.....	90
Tabel 5.14 Parameter Emisi Dari Pilihan Strategi Pemulihan Kendaraan Untuk Part Atau <i>Part Assy</i> Dari Kendaraan Untuk Masing – Masing Komponen.....	91
Tabel 5.15 Parameter Jumlah Permintaan Pusat Pengumpulan Kendaraan Dari Dealer Part Atau Part Assy Dari Kendaraan Untuk Masing – Masing Komponen.....	92
Tabel 5.16 Parameter Jumlah Permintaan <i>Assembly Plant</i> Dan <i>Recycler Part</i> Atau <i>Part Assy</i> Dari Kendaraan Untuk Masing – Masing Komponen.....	93
Tabel 5.17 Parameter Jumlah Kendaraan Yang Masuk Ke Pusat Pengumpulan Kendaraan EOL	94
Tabel 5.18 Parameter Data Informasi Produk	94
Tabel 5.19 Jumlah Komponen Yang Dipulihkan Untuk Masing – Masing Alternatif Pemulihan Komponen Kendaraan EOL	95
Tabel 5.20 Parameter Rasio Pemulihan Komponen untuk Masing – Masing Alternatif Pemulihan untuk Skenario 1	99
Tabel 5.21 Jumlah Komponen Yang Dipulihkan Untuk Masing – Masing Alternatif Pemulihan Komponen Kendaraan EOL	100
Tabel 5.22 Setting Skenario untuk Uji Sensitivitas Variabel Keputusan Terhadap Perubahan Parameter	103
Tabel 5.23 Setting Skenario untuk Uji Sensitivitas Variabel Keputusan Terhadap perubahan Target atau Tingkat Aspirasi.....	108
Tabel 5.24 Setting Skenario untuk Uji Sensitivitas Variabel Keputusan Terhadap Perubahan Parameter dengan Mempertimbangkan Prioritas Objektif	112
Tabel 5.25 Parameter Rasio Pemulihan Komponen untuk Masing – Masing Alternatif Pemulihan untuk Skenario 2	113
Tabel 5.26 Setting Skenario untuk Uji Sensitivitas Variabel Keputusan Terhadap Perubahan Parameter dengan Mempertimbangkan Prioritas Objektif	115
Tabel 5.27 Perbandingan Jumlah Komponen Yang Dipulihkan Untuk Masing – Masing Alternatif Pemulihan Komponen Kendaraan EOL.....	117
Tabel 5.28 Perbandingan Jumlah Komponen Yang Dijual Kepada <i>Recycler</i>	123

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Pertumbuhan Penjualan Kendaraan Pada Beberapa Negara (Young Angelo, 2013; data diperoleh dari International Business Times, 2013).....	2
Gambar 1.2 Pertumbuhan Produksi Dan Penjualan Mobil Di Indonesia (<i>Global News & Global Technology News</i> ; Data Diperoleh dari <i>Global Heat Treatment Network</i> , 2015).....	2
Gambar 1.3 Emisi Gas Rumah Kaca Selama Siklus Hidup Produk (PEF <i>World Forum</i> , 2010; Data Diperoleh dari WRI dan WBCSD, 2010).....	4
Gambar 1.4 Teori Hirarki Pemulihan (Gerrard, 2007; data diperoleh dari Gerrard et al, 2007)	5
Gambar 2.1 Tahap Siklus Hidup dan Pemulihan Produk (Ziout, 2014; data diperoleh dari Ziout et al, 2014).....	15
Gambar 2.2 Aliran Remanufacturing Produk Dan Komponen – Komponen (Gehin, 2008; data diperoleh dari Gehin et al, 2008).....	17
Gambar 2.3 Klasifikasi Alternatif Pemulihan Produk EOL Kriteria 2 (Ziout, 2014; data diperoleh dari Ziout et al, 2014).....	19
Gambar 2.4 Contoh Aliran Material Sistem Pemulihan Kendaraan EOL (Kumar, 2008; data diperoleh dari Kumar Et Al, 2008)	21
Gambar 2.5 Model Sistem Dinamik Untuk Jaringan Daur Ulang Kaca – Kaca Kendaraan EOL (Farel, 2013; data diperoleh dari Farel et al, 2013).....	25
Gambar 2.6 Spesifikasi <i>Vehicle Directive</i> of EOL (2000/53/EC) (Krinke, 2005; data diperoleh dari Krinke et al, 2005)	25
Gambar 2.7 Hasil <i>Assessment</i> (Gradin, 2013; data diperoleh dari Gradin et al, 2013)	26
Gambar 2.8 Pendekatan Untuk <i>Sustainability Assessment Work Cell</i> Produksi (Zhang, 2014; data diperoleh dari Zhang dan Haapala,2014)	29
Gambar 2.9 Struktur Hirarki <i>Sustainability Assesement</i> Sistem Manufaktur (Ziout, 2013; data diperoleh dari Ziout et al, 2013).....	31
Gambar 2.10 ELV Path pada Negara Turki (Harraz, 2011; data diperoleh dari Harraz dan Galal, 2011)	38

Gambar 2.11 Jaringan Pemulihan Kendaraan EOL di Turki (data diperoleh dari Harraz dan Galal, 2011).....	47
Gambar 3.1 Alur Kerangka Pengembangan <i>Framework</i>	54
Gambar 3.2 Diagram Alir Metodologi Penelitian (Lanjutan)	56
Gambar 4.1 Pengembangan Variabel Keputusan Penelitian	61
Gambar 5.1 Total Jumlah Komponen Berdasarkan Solusi Alternatif Pemulihan Terpilih	98
Gambar 5.2 Total Jumlah Komponen Berdasarkan Solusi Alternatif Pemulihan Terpilih	102
Gambar 5.3 Pengaruh Perubahan Penurunan Biaya Pembukaan Pabrik Repair .	104
Gambar 5.4 Pengaruh Pengurangan Biaya Repair Terhadap Persentase Biaya Pemulihan	104
Gambar 5.5 Pengaruh Peningkatan Biaya Pembukaan Pabrik <i>Repair</i> dan Pabrik <i>Refurbish</i>	105
Gambar 5.6 Pengaruh Penurunan Biaya Pembukaan Pabrik <i>Repair</i> dan Pabrik <i>Refurbish</i> serta Penurunan Target Emisi CO ₂	106
Gambar 5.7 Pengaruh Perubahan Biaya Pembukaan Pabrik <i>Refurbish</i>	107
Gambar 5.8 Pengaruh Pengurangan Biaya Pembukaan Pabrik <i>Refurbish</i> Terhadap Persentase Biaya Pemulihan	107
Gambar 5.9 Pengaruh Penurunan Tingkat Aspirasi Emisi CO ₂	109
Gambar 5.10 Pengaruh Perubahan Tingkat Aspirasi <i>Net Income</i>	110
Gambar 5.11 Pengaruh Perubahan Tingkat Aspirasi Jumlah Pemulihan dan Emisi CO ₂	111
Gambar 5.12 Pengaruh Perubahan Tingkat Aspirasi <i>Net Income</i> & Emisi CO ₂ .	112
Gambar 5.13 Pengaruh Penurunan Tingkat Aspirasi Emisi CO ₂	114
Gambar 5.14 Pengaruh Penurunan Biaya Pembukaan Pabrik <i>Repair</i> dan Pabrik <i>Refurbish</i>	116
Gambar 5.15 Pengaruh Penurunan Biaya Pembukaan Pabrik <i>Repair</i> dan Pabrik <i>Refurbish</i> Terhadap Persentase Biaya Pemulihan	117
Gambar 5.16 Pengaruh Perubahan Kenaikan Biaya Pembukaan Pabrik <i>Repair</i> dan Pabrik <i>Refurbish</i>	118

Gambar 5.17 Pengaruh Kenaikan Biaya Pembukaan Pabrik <i>Repair</i> dan Pabrik <i>Refurbish</i> Terhadap Persentase Biaya Pemulihan.....	119
Gambar 5.18 Pengaruh Penurunan Biaya Pembukaan Pabrik <i>Refurbish</i> Terhadap Persentase Biaya Pemulihan	120
Gambar 5.19 Pengaruh Peningkatan Tingkat Aspirasi <i>Net Income</i> Sebesar 17%	121
Gambar 5.20 Pengaruh Peningkatan Tingkat Aspirasi <i>Net Income</i> Sebesar 17% Terhadap Persentase Biaya Pemulihan	121
Gambar 5.21 Pengaruh Peningkatan Tingkat Aspirasi Emisi CO ₂ Sebesar 30%	122
Gambar 5.22 Pengaruh Peningkatan Tingkat Aspirasi Emisi CO ₂ Sebesar 30% Terhadap Persentase Biaya Pemulihan	123
Gambar 5.23 Pengaruh Peningkatan Tingkat Aspirasi Emisi CO ₂ Sebesar 50%	124
Gambar 5.24 Pengaruh Peningkatan Tingkat Aspirasi Emisi CO ₂ Sebesar 50% Terhadap Persentase Biaya Pemulihan	125

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 1

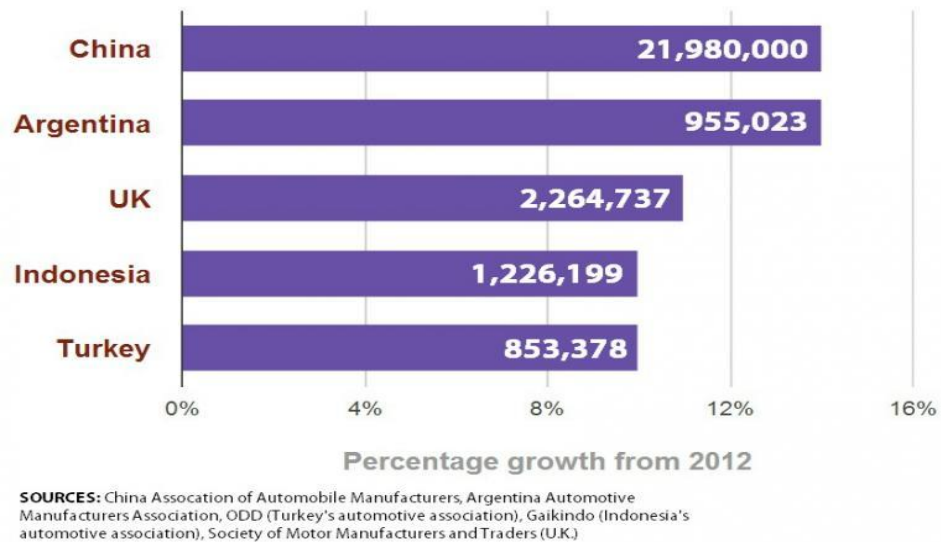
PENDAHULUAN

Bagian pendahuluan menjelaskan hal-hal yang mendasari dilakukannya penelitian ini dan mengidentifikasi masalah penelitian. Komponen – komponen yang terdapat didalam pendahuluan ini meliputi latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, ruang lingkup penelitian dan sistematika penulisan.

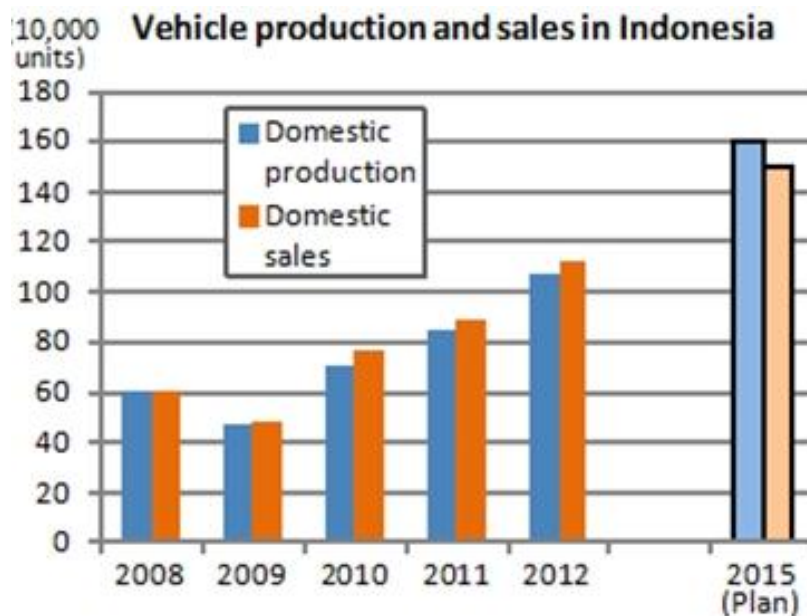
1.1 Latar Belakang

Lembaga survey terkemuka yaitu Forst & Sullivan memprediksi tahun 2019 ASEAN akan menjadi pasar otomotif terbesar kelima di dunia dan Negara Indonesia akan menjadi pasar otomotif terbesar dengan estimasi penjualan mencapai 2,3 juta unit. Pertumbuhan produksi tahun 2019 diprediksi mencapai 8% dan pertumbuhan pasar dapat mencapai 5.8%. Hal tersebut mengindikasikan kawasan ASEAN untuk menetapkan regulasi yang ketat guna meningkatkan tanggung jawab produsen otomotif dalam mengelola siklus hidup produk secara keseluruhan, mulai dari pengelolaan bahan baku, proses produksi sampai dengan produk-produk tersebut digunakan oleh konsumen dan mencapai tahap *End-of-Life* (Selanjutnya disingkat menjadi EOL).

Indonesia merupakan negara dengan jumlah pertumbuhan penjualan kendaraan yang cukup tinggi jika dibandingkan dengan negara – negara lain (lihat Gambar 1.1). Pertumbuhan GDP Indonesia yang dapat mencapai 6.2% pada tahun 2014 membuat Indonesia sebagai salah satu negara dengan pertumbuhan pasar paling cepat termasuk Negara China, India dan Thailand (*Global heat treatment network*, 2015). Selain itu, Indonesia juga merupakan negara yang memiliki industri manufaktur otomotif yang cukup besar (lihat Gambar 1.2).



Gambar 1.1 Pertumbuhan Penjualan Kendaraan Pada Beberapa Negara (Young Angelo, 2013; data diperoleh dari International Business Times, 2013)



Gambar 1.2 Pertumbuhan Produksi Dan Penjualan Mobil Di Indonesia (*Global News & Global Technology News*; Data Diperoleh dari *Global Heat Treatment Network*, 2015)

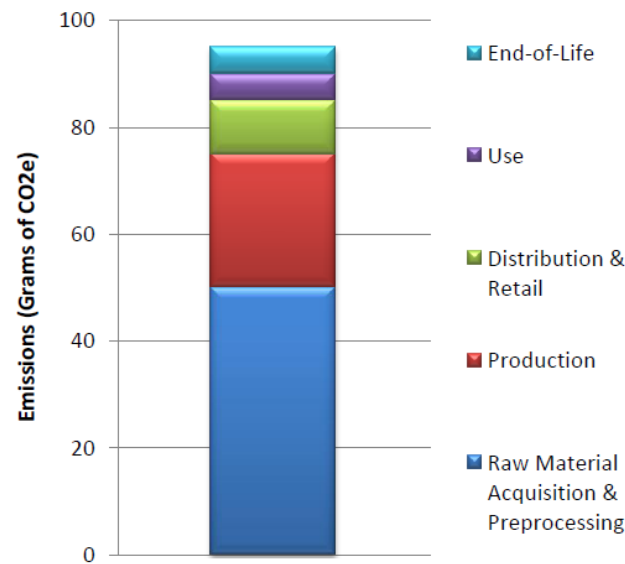
Kendaraan merupakan produk kritikal untuk lingkungan karena dampak yang ditimbulkan baik selama tahap penggunaan maupun setelah produk tersebut harus didisposal (Harraz dan Galal, 2011). Kendaraan merupakan sebuah produk yang kompleks dan terdiri dari pelbagai macam jenis struktur produk dan

komponennya. Dengan melakukan strategi pemulihan kendaraan EOL, keuntungan yang besar secara ekonomi dan pengurangan dampak lingkungan dapat dicapai. Saat ini negara di Unieropa dan beberapa negara di Asia seperti Jepang, Korea dan Taiwan telah menetapkan peraturan untuk mengendalikan pemulihan produk EOL.

Sejak tahun 1950-an industri daur ulang di Eropa masih menjadi industri yang menguntungkan sampai saat ini dengan estimasi jumlah kendaraan EOL yang telah didaur ulang mencapai 8 – 9 juta unit pertahun. Pada Negara Jepang, peraturan untuk mengendalikan pemulihan kendaraan EOL mulai ditetapkan secara ketat pada tahun 2005 dan Jepang setuju untuk melakukan daur ulang sebanyak 5 juta unit kendaraan EOL pertahunnya. Korea mulai memberlakukan peraturan serupa di negaranya setelah 3 tahun berikutnya. Sementara Taiwan sudah lebih dahulu memulai industri daur ulang ini pada tahun 1994. Akan tetapi negara – negara berkembang khususnya kawasan ASEAN, saat ini masih lemah terhadap sistem manajemen pemulihan kendaraan.

Pemerintah Unieropa telah membuat regulasi dan kebijakan terkait penanganan produk EOL tersebut. Pada tahun 1990, Thomas lindhqvist menerbitkan prinsip EPR (*Extended Producer Responsibility*) untuk memperbaiki lingkungan dengan memperluas tanggung jawab produsen kedalam seluruh siklus hidup produk, khususnya untuk menarik kembali produk EOL dengan melakukan daur ulang dan mengelola pembuangan akhir dari produk (Gehin *et al* ,2008). Regulasi terkait EPR, salah satu diantaranya adalah pedoman ELV (*The European union's End of Life Vehicle*) yang dikeluarkan pada september 2010 dengan tujuan meningkatkan pemulihan produk EOL kendaraan agar dapat mengurangi limbah dan meningkatkan kinerja lingkungan.

Tahun 2010 *the World Resources Institute* (WRI) dan *the World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD) melakukan pengukuran gas rumah kaca terhadap produk dan proses rantai pasok produk - produk pada 20 lebih dari sector industri dengan menggunakan *metode the Product Life Cycle Accounting* dan *the Scope 3 (Corporate Value Chain) Accounting*. Pengukuran ini meliputi emisi yang dihasilkan selama siklus hidup produk termasuk *value chain* produk – produk tersebut.



An example of GHG emissions across a product's life cycle

Gambar 1.3 Emisi Gas Rumah Kaca Selama Siklus Hidup Produk (PEF World Forum, 2010; Data Diperoleh dari WRI dan WBCSD, 2010)

Hasil dari pengukuran tersebut menunjukkan bahwa proses akuisisi dan pengolahan bahan baku memberikan kontribusi gas rumah kaca terbesar dibandingkan siklus produk lainnya (lihat Gambar 1.3). Sehingga efisiensi dan efektivitas penggunaan bahan baku dapat mengurangi dampak gas rumah kaca yang cukup besar. Perlu adanya suatu upaya untuk meminimalkan emisi yang ditimbulkan selama proses persiapan bahan baku dan sebelum proses produksi dilakukan. Salah satunya adalah dengan menggunakan kembali komponen – komponen dari produk – produk yang telah mencapai masa EOL, yaitu dengan *reuse* (menggunakan kembali komponen seperti fungsi awal dari komponen tersebut) atau *recycle* (daur ulang menjadi bahan baku atau komponen dengan fungsi yang berbeda dari sebelumnya).

Menurut Gerrard *et al* (2007), *reuse* berada pada hirarki paling tinggi dalam strategi pemulihan produk, sementara penimbunan berada pada hirarki paling rendah (lihat Gambar 1.4). Hal tersebut juga menunjukkan bahwa dengan melakukan *reuse*, efisiensi material dan energi yang dihasilkan menjadi paling tinggi dibandingkan dengan strategi lainnya.



Gambar 1.4 Teori Hirarki Pemulihan (Gerrard, 2007; data diperoleh dari Gerrard et al, 2007)

Tahun 2015, persyaratan baru dalam pedoman kerangka kerja limbah ELV untuk melakukan *reuse* atau daur ulang kendaraan EOL ditingkatkan menjadi minimal 95% (Gradin *et al*, 2013). Dengan menggunakan metode LCA dan beberapa indikator penilaian diantaranya: *climate change* (CO_2), *metal depletion* (FE ton) dan *cumulative energi demand* (GJ), Gradin *et al* melakukan *assessment* untuk memilih skenario terbaik dalam menetapkan strategi pembongkaran, yaitu dengan skenario manual atau *shredder*. Skenario dipilih berdasarkan hasil *assessment* terhadap ketiga indikator yang ditetapkan. Pemilihan skenario ditetapkan dengan melihat nilai masing – masing indikator secara terpisah, sehingga dibutuhkan suatu teknik pemilihan skenario dengan menyimpulkan hasil analisis dari ketiga indikator secara terintegrasi. Dalam hal ini diperlukan alat untuk pengambilan keputusan multi kriteria dalam memilih skenario terbaik.

Penelitian terkait *sustainability assessment* dengan menggunakan teknik pengambilan keputusan multi kriteria telah dilakukan oleh beberapa peneliti, diantaranya Ziout *et al* (2013) dan Khalili *et al* (2013). Menurut Ziout *et al* (2013) dibutuhkan *assessment tools* yang bersifat *flexible* dimana bobot variabel mencerminkan keadaan khusus dari setiap kasus dan prioritas pengembangan tergantung dari wilayah. Dengan menggunakan teknik pengambilan keputusan multi kriteria, Ziout *et al* (2013) memilih skenario yang paling *sustainable* dalam memilih skenario *reuse* untuk sistem manufaktur yang akan digunakan dengan mempertimbangkan ketiga pilar *sustainability*.

Penelitian – penelitian yang dilakukan oleh Khalili *et al* (2013) dan Ziout *et al* (2014) tentang teknik pengambilan keputusan untuk *sustainability assessment* berfokus untuk memperbaiki dampak lingkungan terhadap aktifitas didalam organisasi untuk menciptakan atau menghasilkan produk. Penelitian – penelitian tersebut dilakukan untuk memperoleh sebuah solusi dari beberapa alternatif dalam memperoleh strategi *sustainable manufacturing* yang paling mewakili kriteria – kriteria yang telah ditetapkan dengan kebutuhan data – data yang telah tersedia. Sebagai negara berkembang, ketersediaan untuk data – data tersebut masih belum mencukupi di Indonesia, sehingga diperlukan sebuah model yang dapat mewakili dimensi – dimensi *sustainability* dalam pengambilan keputusan dalam hal ini menetapkan strategi pemulihan kendaraan.

Saat ini perusahaan-perusahaan yang memproduksi kendaraan roda empat seperti Toyota, Suzuki dan lainnya belum mengaplikasikan strategi daur ulang dari kendaraan-kendaraan EOL yang merupakan produksi dari perusahaan-perusahaan tersebut. Sehingga daur ulang komponen-komponen dari kendaraan EOL dilakukan oleh industri-industri kecil atau perorangan dan belum terorganisir dengan baik. Dampak dari aktifitas daur ulang yang tidak terkelola dengan baik salah satunya adalah pencemaran lingkungan, seperti yang terjadi di Cinangka (Greeners, 2015). Kementerian lingkungan hidup menyatakan bahwa sampai dengan tahun 2012, daerah Jabodetabek telah teridentifikasi 71 lokasi lahan tercemar Timbal. Beberapa sumber dari pemerhati lingkungan menyatakan tanah di daerah tersebut memiliki kandungan timbal yang melebihi batas maksimal dan akibat dari pencemaran industri daur ulang baterai tersebut. Industri otomotif saat ini harus bertanggung jawab dalam pengelolaan komponen kendaraan-kendaraan EOL tersebut agar lebih terorganisir.

Kasus pencemaran yang terjadi disebabkan karena industri daur ulang komponen kendaraan EOL yang berkembang di Indonesia saat ini hanya mempertimbangkan dimensi ekonomi dan belum mempertimbangkan dampak lingkungan dan sosial yang diakibatkan oleh adanya industri daur ulang tersebut. Sehingga perlu adanya strategi yang optimal dari masing – masing industri dengan mempertimbangkan ketiga dimensi *sustainability* yaitu dimensi ekonomi, lingkungan dan sosial. Untuk menyusun strategi tersebut diperlukan sebuah teknik

pengambilan keputusan dengan pendekatan multi kriteria seperti yang dilakukan oleh Khalili et al (2013) dan Ziout et al (2013). Akan tetapi, pengambilan keputusan dengan teknik ini memerlukan kriteria atribut dengan informasi data yang lengkap untuk memperoleh keputusan yang optimal.

Saat ini industri-industri otomotif terkait masih memiliki keterbatasan data dan informasi untuk menetapkan strategi pemulihan komponen kendaraan yang efektif. Penelitian ini merupakan tahap awal dalam perencanaan strategi pemulihan kendaraan EOL di Indonesia sebagai negara berkembang dengan regulasi yang belum begitu ketat, sehingga diperlukan sebuah model pemulihan kendaraan EOL yang dapat dijadikan dasar ketika data yang bersifat *riil* telah tersedia. Menurut Harraz dan Galal (2011) merancang jaringan pemulihan kendaraan dan menentukan alternatif-alternatif pemulihan kendaraan EOL yang optimal diperlukan pada penelitian tahap awal dalam menentukan strategi pemulihan kendaraan EOL.

Oleh karena itu, pada penelitian ini bertujuan untuk merancang jaringan pemulihan komponen – komponen kendaraan EOL dengan menggunakan teknik pengambilan keputusan multi objektif dengan menggunakan teknik *goal programming*. Menurut pati et al (2008), *Goal programming* merupakan sebuah alat yang tepat dalam melakukan analisis komparasi dibandingkan teknik pemrograman matematis yang lainnya. Selanjutnya validasi model dilakukan dengan mengaplikasikan model untuk merancang strategi pemulihan komponen kendaraan EOL dengan memilih area pulau jawa sebagai objek penelitian. Studi kasus tersebut dipilih dengan pertimbangan komponen – komponen kendaraan yang masih memiliki nilai yang cukup tinggi untuk digunakan kembali.

1.2 Perumusan Masalah

Perumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana menetapkan strategi yang paling efektif untuk pemulihan komponen kendaraan EOL dalam merancang jaringan pemulihan kendaraan EOL tersebut (Studi Kasus: Perusahaan manufaktur otomotif atau komponen otomotif).

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang jaringan pemulihan kendaraan EOL yang bersifat umum dan dapat diaplikasikan pada pelbagai area geografis.
2. Mengembangkan model untuk menentukan strategi alternatif pemulihan kendaraan EOL.
3. Menguji model yang dirancang dengan mengaplikasikan model pada salah satu perusahaan otomotif yang memproduksi kendaraan roda empat.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini akan berguna untuk industri manufaktur untuk menggunakan model yang dikembangkan dalam merancang strategi pemulihan komponen – komponen produk EOL, terutama untuk industri otomotif maupun industri lainnya, seperti industri elektronik, alat berat, kemasan dan lainnya. Model ini dapat diajukan acuan untuk industri yang ingin mulai melakukan pemulihan (*repair, refurbish, recycle* dan lainnya) pada siklus hidup produk perusahaan masing-masing yang telah dibeli konsumen dan mencapai phase EOL. Dengan model yang dirancang ini perusahaan dapat menentukan jumlah komponen yang dapat dipulihkan berdasarkan lokasi penyebaran produk-produk tersebut dipelbagai lokasi.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian menjelaskan hal – hal yang menjadi batasan dan asumsi yang digunakan pada penelitian ini.

1.5.1 Batasan

Penelitian menggunakan beberapa data primer dan sebagian besar merupakan data sekunder sebagai *setting* parameter untuk aplikasi model dengan batasan sebagai berikut:

1. Perancangan jaringan pemulihan kendaraan dirancang untuk menetapkan strategi pemulihan komponen – komponen kendaraan EOL yang bersifat generik dan aplikasi model diuji coba dengan merancang jaringan pemulihan komponen X produk Y dari produsen Z di pulau Jawa dengan

pertimbangan bahwa jumlah penjualan kendaraan yang dijadikan objek penelitian menguasai pasar pada wilayah tersebut.

2. Studi kasus dilakukan pada salah satu perusahaan otomotif terbesar di Indonesia yang memproduksi jenis mobil pick up dari produsen Z dan komponen yang dipilih merupakan beberapa komponen yang potensial untuk didaur ulang.
3. Data – data biaya (*reverse logistic* dan data lain terkait aktifitas pemulihan), emisi yang dihasilkan dari proses pemulihan, permintaan komponen dan kapasitas (pengumpulan kendaraan, pusat *disassembly* dan pabrik pemulihan) kendaraan EOL yang digunakan adalah data sekunder yang mengacu pada informasi tentang komponen yang tersedia saat ini.

1.5.2 Asumsi

Asumsi dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Alternatif-alternatif pemulihan kendaraan EOL yang tersedia adalah *repair* dan *refurbishing*, dengan mempertimbangkan teknik pemulihan ini tidak memerlukan biaya investasi yang tinggi.
2. *Recycle* (daur ulang) dilakukan oleh perusahaan yang telah menjalin kerjasama dengan organisasi. Perusahaan ini bergerak dalam bidang pengolahan atau daur ulang komponen – komponen kendaraan EOL menjadi komponen baru dengan fungsi yang berbeda dengan komponen sebelumnya.
3. Biaya disposal yang dikeluarkan adalah biaya untuk pengelolaan limbah produk EOL oleh perusahaan rekanan atau perusahaan yang bergerak dalam pengelolaan limbah, sehingga tidak perlu melakukan investasi awal untuk membuka lokasi pusat disposal komponen.
4. Jumlah kendaraan yang berhasil dikumpulkan dan permintaan dari dealer serta *assembly plant* diasumsikan tetap, sehingga semua komponen yang dikirim ke lokasi dealer atau *assembly plant* sesuai kebutuhan dan dapat terserap untuk kebutuhan produksi. Diasumsikan tidak ada pengiriman dari *assembly plant* ke lokasi dealer.
5. Komponen kendaraan yang telah dipulihkan dengan teknik *repair* dan teknik *refurbish* selanjutnya dikirim untuk memenuhi kebutuhan dealer

dan *assembly plant*. Komponen yang dikirim ke dealer untuk memenuhi kebutuhan sparepart dari bengkel – bengkel resmi atau dijual langsung kepada konsumen. Sementara komponen yang dikirim ke lokasi *assembly plant* untuk memenuhi kebutuhan produksi.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan tesis berikut tersusun dalam beberapa Bab sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pada Bab ini dijelaskan mengenai hal – hal yang menjadi dasar dari penelitian tesis ini, meliputi latar belakang penelitian, permasalahan, tujuan, manfaat dan ruang lingkup penelitian yang dilakukan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada Bab ini dijelaskan mengenai beberapa teori dan literatur yang mendukung penelitian ini. Teori – teori dan literatur yang digunakan diperoleh melalui berbagai sumber seperti: buku, jurnal, artikel, penelitian sebelumnya dan lainnya.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada Bab ini dijelaskan tentang metode – metode serta urutan langkah – langkah yang dilakukan pada penelitian tesis ini untuk dijadikan acuan agar proses penelitian berjalan secara efektif dan sistematis.

BAB IV PENGEMBANGAN MODEL

Pada Bab ini dijelaskan tentang pengembangan model pemulihan komponen kendaraan EOL dengan mempertimbangkan empat objektif, yaitu meningkatkan *net income*, meminimasi dampak lingkungan, meningkatkan jumlah komponen yang dipulihkan oleh produsen dan meningkatkan jumlah penjualan komponen kepada *recycler*.

BAB V APLIKASI MODEL DAN ANALISIS

Pada Bab ini dilakukan aplikasi model untuk menguji validasi model yang telah dikembangkan. Selanjutnya dilakukan analisis sensitivitas terhadap model yang dikembangkan untuk mengetahui sensitivitas variabel keputusan terhadap perubahan parameter dan tingkat aspirasi yang diinginkan.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Pada Bab ini dilakukan penarikan kesimpulan dari penulisan tesis dan pemberian saran untuk penelitian selanjutnya.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

Pada bagian tinjauan pustaka ini diuraikan dasar teori dan penelitian-penelitian sebelumnya sebagai dasar dalam pelaksanaan penelitian dan penyusunan tesis ini. Tinjauan pustaka terdiri dari beberapa teori tentang *sustainable manufacturing* untuk produksi dan konsumsi yang berkelanjutan, pemulihan produk *end-of-life*, teknik pengambilan keputusan multikriteria, *goal programming*, merancang strategi pemulihan kendaraan *End-of-Life* (EOL) dan GAP serta posisi penelitian.

2.1 *Sustainable Manufacturing* untuk Produksi dan Konsumsi yang Berkelanjutan

Pembangunan berkelanjutan merupakan usaha untuk membangun masyarakat dengan mempertimbangkan faktor ekonomi, sosial dan ekologi secara seimbang (Gunasekaran dan Spalanzani, 2012). Identifikasi penyebab dampak lingkungan, dampak sosial dan keberlanjutan yang ditimbulkan hingga ke akarnya merupakan pendekatan terbaik untuk menetapkan strategi manufaktur dan jasa yang berkelanjutan. Konsep berkelanjutan dapat mendukung perusahaan dalam mengurangi resiko dan limbah yang dihasilkan, meningkatkan efisiensi penggunaan bahan baku termasuk konsumsi energi serta melakukan inovasi produk yang ramah lingkungan.

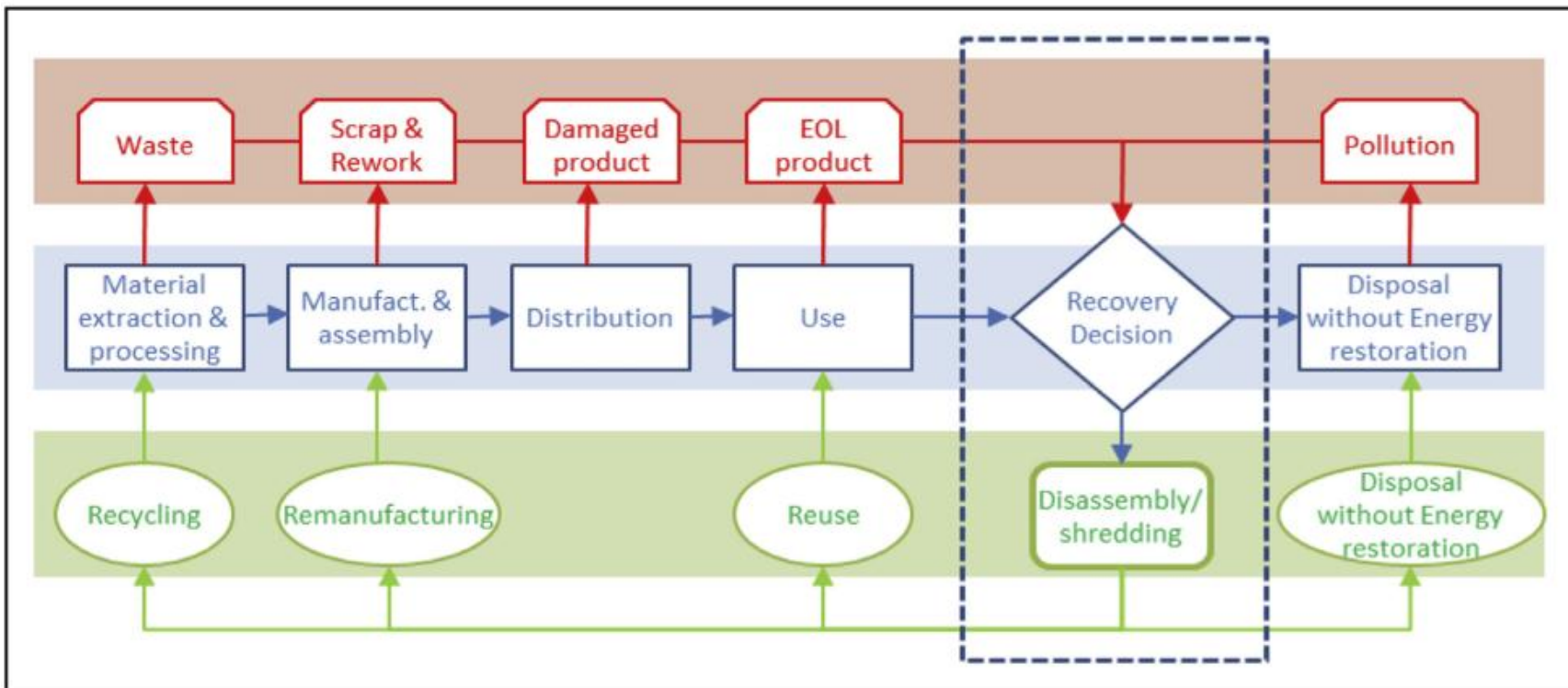
Industri manufaktur berperan besar dalam mengkonsumsi sumberdaya dan menghasilkan limbah. Secara global konsumsi energi dari industri manufaktur tumbuh sebesar 61% dari tahun 1971 hingga tahun 2004. Saat ini industri manufaktur telah berusaha memperbaiki kinerja lingkungan dengan mengintegrasikan siklus hidup dan strategi lingkungan, tetapi masih diperlukan tanggung jawab yang lebih besar terhadap pengendalian dampak lingkungan terhadap *value chain* perusahaan – perusahaan tersebut (OECD, 2009). Produksi yang berkelanjutan menjadi salah satu alternatif dari pembangunan berkelanjutan dikarenakan biaya penyediaan sumber daya alam yang semakin meningkat dan

regulasi pemerintah (termasuk peraturan tentang lingkungan) yang semakin ketat (Ziout *et al*, 2013). Industri manufaktur harus bertanggung jawab untuk disposisi produk yang telah mencapai tahap *end of life*, dimana pembuangan sampah produk EOL harus dikurangi dan pilihan untuk pemulihan produk (termasuk: *reuse*, *refurbishing*, *remanufacturing* dan daur ulang) harus ditingkatkan.

2.2 Pemulihan Produk *End-of-Life* (EOL)

Salah satu aktifitas yang menunjang terciptanya *sustainable manufacturing* adalah aktifitas pemulihan produk EOL. Produk EOL merupakan produk yang telah berakhir masa pemakaiannya oleh konsumen. Setelah berakhir masa pemakaiannya, produk – produk EOL tersebut dapat digunakan kembali oleh konsumen lain atau dijual sebagai barang bekas (*second*) sesuai dengan fungsinya, dijual kepada pendaur ulang atau dibuang ke tempat pembuangan akhir (menjadi sampah). Produsen dapat mengambil kesempatan tersebut untuk memperoleh keuntungan dan memperbaiki citra perusahaan sebagai perusahaan yang peduli dan ramah lingkungan, yaitu dengan mengelola produk – produk tersebut agar sampahnya tidak mencemari lingkungan. Salah satu caranya adalah dengan melakukan pemulihan komponen kendaraan.

Dengan pemulihan produk EOL perusahaan dapat melakukan efisiensi sumber daya yang digunakan selama proses produksi seperti: bahan baku, biaya untuk bahan baku dan lainnya. Pemulihan produk EOL tersebut penting untuk dilakukan karena komponen – komponen produk EOL tersebut masih memiliki nilai dan dapat dipergunakan kembali, selain dari tekanan konsumen dan regulasi pemerintah untuk melakukan pemulihan produk EOL (Shaharudin *et al*, 2014). Tanggung jawab produsen bukan hanya sampai dengan pengiriman produk kepada konsumen, tetapi juga untuk mengelola limbah dari produk yang telah mencapai tahap EOL seperti siklus hidup produk dalam Gambar 2.1 berikut ini.



Gambar 2.1 Tahap Siklus Hidup dan Pemulihan Produk (Ziout, 2014; data diperoleh dari Ziout et al, 2014)

Perkembangan teknologi dan siklus hidup produk yang diperpendek menyebabkan jumlah limbah elektronik berkembang dengan sangat cepat (Yeh dan Xu, 2013). Hal tersebut mengindikasikan jumlah konsumsi produk yang semakin tinggi dari para konsumen dan mendorong berkembangnya suatu bisnis yang memproduksi produk – produk tersebut. Akan tetapi, pola konsumsi tersebut dapat meningkatkan jumlah produk – produk EOL yang kemudian menjadi limbah dan berpotensi untuk mencemari lingkungan.

2.2.1 Strategi Pemulihan Produk *End-of-Life*

Ziout *et al* (2014) mengelompokkan strategi pemulihan produk dengan mempertimbangkan faktor *engineering*, bisnis, lingkungan dan sosial menjadi 3 kategori, yaitu sebagai berikut:

a) Reuse

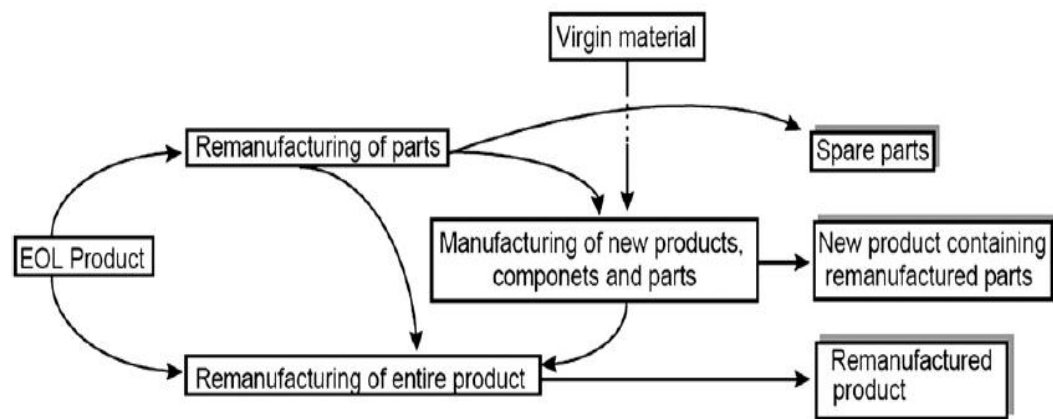
Ada beberapa teknik untuk melakukan *reuse* dimana teknik tersebut dibedakan berdasarkan proses pengolahannya. Dalam proses *reuse*, proses pengolahan meliputi proses *disassembly* atau pembongkaran, pemeriksaan, penggantian item yang *reject*, melakukan proses perbaikan, perakitan, pengujian dan pengemasan. Berikut beberapa pilihan untuk proses *reuse*:

- 1) *Resale*, Dalam pilihan ini tidak ada proses pengolahan dan tidak ada biaya untuk pengolahan ulang pada pilihan ini.
- 2) *Maintenacnce, repair, replacement* dan *downgrading*. Dilakukan pembongkaran yang secara selektif untuk memperoleh item secara spesifik didalam produk atau *subassembly* tersebut dimana pembongkaran dilakukan berdasarkan sasaran pembongkaran (merawat, memperbaiki, mengganti atau *downgrade*). Item yang dibongkar tersebut dapat dijual kembali atau dipasang sesuai dengan kualitasnya.
- 3) *Refurbishing*, Pada pemulihan produk ada proses pengolahan secara parsial, ada proses tambahan seperti pembersihan sebelum melakukan perbaikan. Tujuan dilakukan *refurbishing* untuk memperbaiki fungsi dan penampilan dengan menambah item baru atau mengganti item yang penampilannya tidak baik.
- 4) *Remanufacturing*, Pada pilihan *remanufacturing* diperlukan proses pengolahan yang lengkap agar kondisi item yang dibongkar menjadi

kondisi yang baru, jadi pada pilihan ini dibutuhkan biaya yang cukup tinggi untuk proses pengolahan tersebut. Dengan melakukan *remanufacturing*, beberapa keuntungan dapat diperoleh (Gehin *et al*, 2008), diantaranya:

- Mengurangi biaya konsumsi bahan baku
- Mengurangi harga produk
- Memperbaiki produk
- Meningkatkan kesadaran untuk memenuhi peraturan dan regulasi
- Menciptakan pekerjaan baru
- Mengendalikan *second* market

Gambar 2.2 dibawah menunjukkan bagaimana melakukan *remanufacturing* produk atau komponen– komponennya:



Gambar 2.2 Aliran *Remanufacturing* Produk Dan Komponen – Komponen (Gehin, 2008; data diperoleh dari Gehin et al, 2008)

b) Daur ulang

Dalam strategi pemulihan produk dengan daur ulang, ada 2 macam strategi yang dapat dipilih, yaitu dengan teknik pembongkaran dan *shredding*. Daur ulang dengan teknik *shredding* membutuhkan biaya daur ulang lebih kecil dibanding dengan pembongkaran.

c) Insinerasi

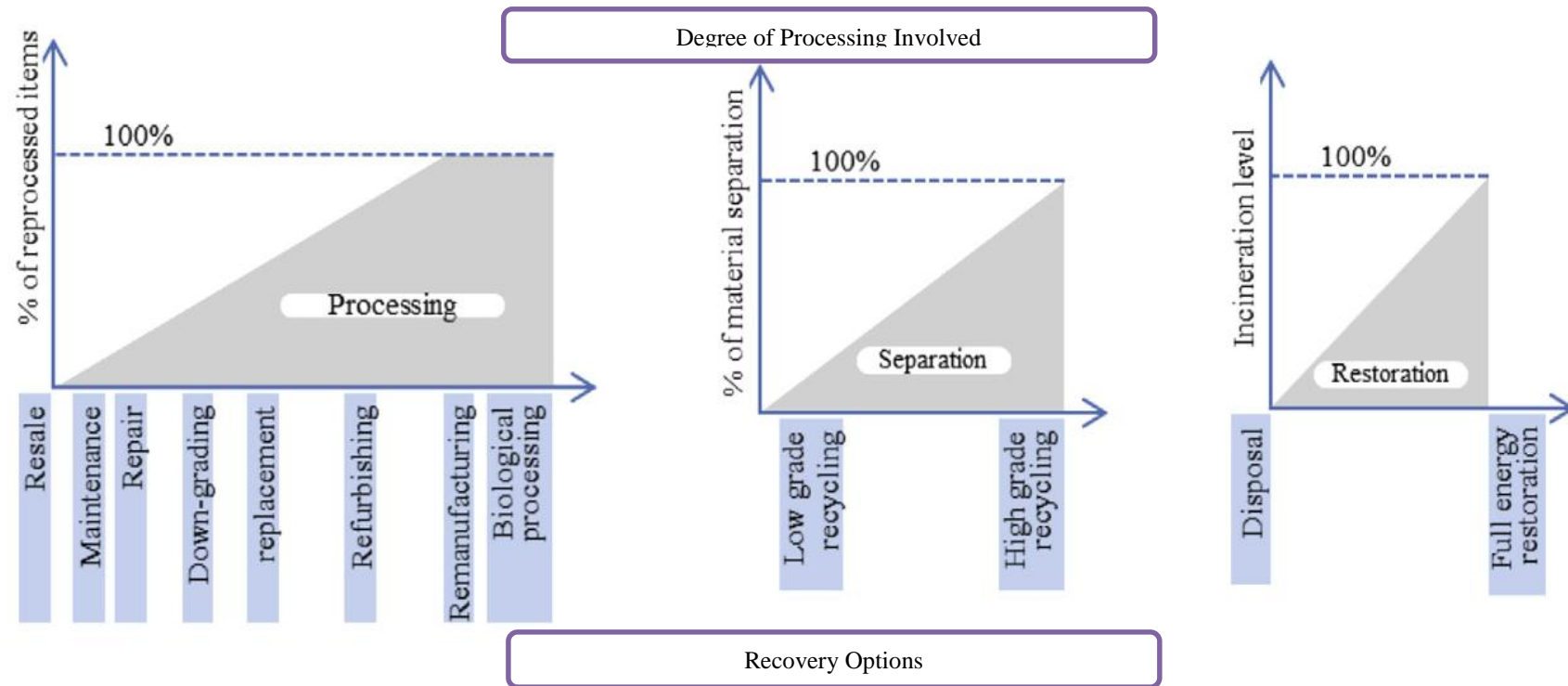
Pada strategi ini tidak ada pemulihan energi yang dilakukan, sehingga produk EOL dibuang ke tempat pembuangan akhir dan diperlukan biaya untuk pembuangan tersebut.

Ziout et al (2014) mengklasifikasikan pilihan – pilihan untuk pemulihan produk EOL menjadi 2 kriteria, yaitu pemulihan berdasarkan output proses dan tingkat dari proses pemulihan yang terlibat.

Tabel 2.1 Klasifikasi Alternatif Pemulihan Produk EOL Kriteria 1

Output Proses	Produk (<i>Whole</i> , Sub-Assy / Komponen)	Material	Energi
Pilihan Pemulihan	<i>Reuse</i>	<i>Recycling</i>	Restorasi Energi

Sumber: Ziout et al, 2014



Gambar 2.3 Klasifikasi Alternatif Pemulihan Produk EOL Kriteria 2 (Ziout, 2014; data diperoleh dari Ziout et al, 2014)

Penelitian tentang strategi dalam menentukan metode pemulihan yang tepat dan optimal telah dilakukan oleh peneliti – peneliti sebelumnya. Pemulihan produk yang sudah berada pada tahap EOL bisa dilakukan dengan pelbagai teknik, diantaranya *remanufacture*, *recycle*, *repair* dan *refurbishment*.

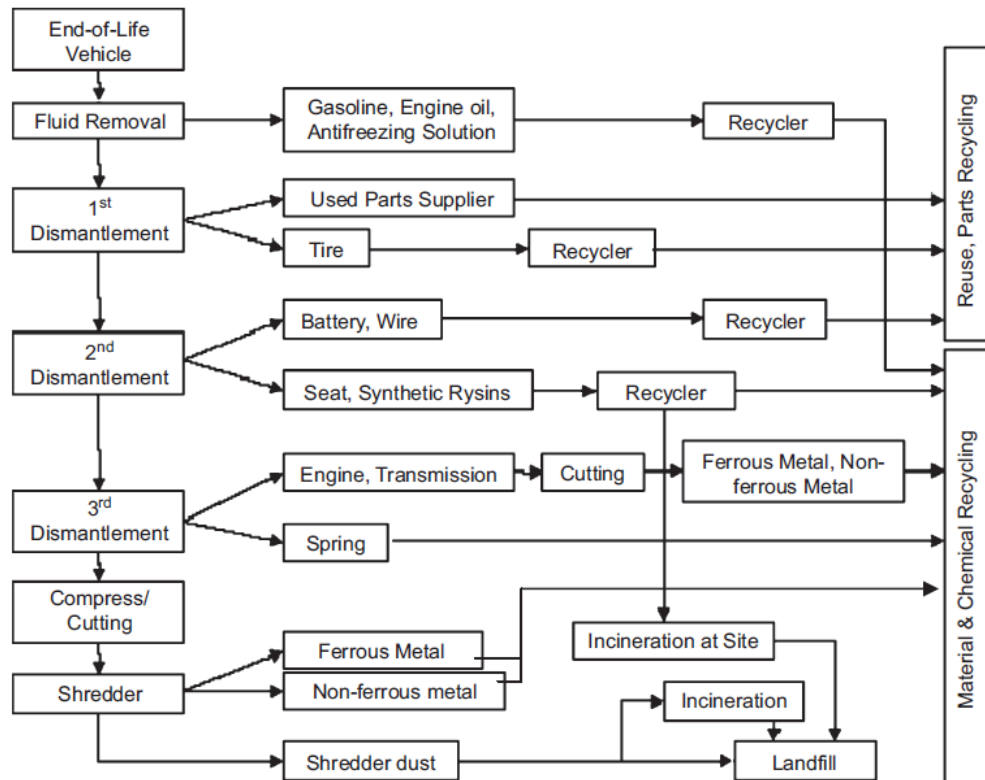
Dalam menentukan strategi pemulihan produk, perusahaan dapat mempertimbangkan manfaat yang dapat diperoleh dengan alternatif-alternatif strategi pemulihan yang tersedia. Belum ada bukti yang menunjukkan berapa besar biaya *recycle* dari sampah bahan kemasan dan bagaimana pendistribusian biaya *recycle* tersebut kepada para *stakeholder* (Cabral *et al*, 2013). Cabral *et al* (2013) meneliti penghematan dengan melakukan daur ulang sampah kemasan di Negara Perancis. Cabral *et al* (2013) melakukan pendekatan secara finansial dengan tingkat keketatan yang tinggi dengan membandingkan transfer keuangan yang dilakukan oleh Eco – Emballages Group dan Biaya yang dikeluarkan oleh otoritas lokal. Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian tersebut adalah dengan melakukan daur ulang manfaat lingkungan dapat dicapai sesuai dengan target.

2.2.2 Pemulihan Kendaraan *End-of-Life*

Peraturan di Unieropa, Amerika Serikat dan Jepang telah mendeklarasikan pencegahan limbah dan mengenalkan pemulihan limbah dengan sistem *reuse*, *remanufacturing* atau daur ulang bahan baku untuk peralatan elektronik, baterai, produk-produk kimia, kaca, kertas, plastik dan logam berat (Kumar *et al*, 2008). Eropa merupakan penggerak bagi negara lain untuk mengurangi penimbunan produk otomotif EOL, limbah elektronik dan kemasan dengan meningkatkan tanggung jawab produsen dan distributor untuk menarik kembali produk dan kemasan. Perkumpulan Negara – Negara di Eropa berperan dalam menerbitkan regulasi – regulasi seperti *End of Life Vehicles Directive* (ELV) dan *Waste Electrical and Electronic Equipment Directive* (WEEE).

Industri daur ulang *automobile* di Amerika Serikat saat ini menjadi bisnis yang menguntungkan, *the steel recycling institute* melaporkan pada tahun 2003 jumlah yang *didaur ulang* mencapai 103% (Guintini *et al*, 2003). Tingkat daur ulang *automobile* dihitung berdasarkan total baja yang digunakan untuk memproduksi mobil baru dibandingkan dengan total baja yang diperoleh dari daur ulang mobil lama. Unieropa mengestimasi ada sekitar 8 – 9 juta unit kendaraan

dibuang pertahunnya, dimana hasil daur ulang mencapai sekitar 75% dari total berat kendaraan dan 9 juta ton limbah dihasilkan pertahunnya.



Gambar 2.4 Contoh Aliran Material Sistem Pemulihan Kendaraan EOL (Kumar, 2008; data diperoleh dari Kumar Et Al, 2008)

Kumar *et al* (2008) merangkum analisa SWOT dari beberapa penelitian terdahulu terhadap peluang produsen (*manufacturer*) *automobile* untuk memenuhi tanggung jawab dan persyaratan yang terdapat dalam ELV sebagai berikut:

Tabel 2.2 Analisis SWOT Pemulihan Produk Kendaraan EOL

<i>Strength</i> (Kekuatan)	Adanya rantai pasok terbalik yang sukses dan kuat untuk melakukan pemulihan produk otomotif, serta teknologi dan pasar untuk pemulihan, <i>recycle</i> dan <i>reuse</i> yang eksis
	Kompetisi pasar untuk limbah yang signifikan, khususnya logam, ban dan pelarut yang dapat didaur ulang
	Beberapa <i>manufacturer</i> telah sukses melakukan <i>reuse</i> dan <i>remanufacture</i>

Tabel 2.2 Analisis SWOT Pemulihan Produk Kendaraan EOL (Lanjutan)

	<i>Spare part</i> merupakan bisnis yang menguntungkan
	Beberapa produsen besar seperti BMW dan Volvo sangat serius terhadap program pemulihan produk dengan mengalokasikan biaya 35 – 40 % untuk program ELV
<i>Weakness</i> (Kelemahan)	Struktur regulasi yang berbeda-beda pada masing-masing negara seperti Unieropa
	Di Unieropa 25% dari bobot kendaraan tidak dapat di <i>recycle</i>
	Di Unieropa manajemen regulasi dan subsidi de-insentif dan penghapusan pasar bebas memaksa peningkatan kompleksitas dan biaya untuk pembongkaran dan daur ulang
	Mekanisme keuangan yang berkelanjutan belum dikembangkan untuk bahan baku limbah agar dapat masuk kedalam pasar yang kompetitif
	Sistem informasi dan pemantauan yang belum tersedia
<i>Opportunity</i> (Peluang)	Investasi dalam bidang R&D dan <i>Engineering</i> dapat memperbaiki rancangan komponen dan rancangan untuk pembongkaran
	<i>Remanufacture</i> beberapa komponen dapat meningkatkan keuntungan dalam pasar dan jasa <i>reuse</i>
	Banyaknya multi siklus hidup dari beberapa komponen didalam industri saat ini
<i>Threat</i> (Ancaman)	Produsen asing yang tidak memiliki informasi pembongkaran atau tidak memiliki jaringan logistik terbalik, harus mengangkut kembali kendaraan kepada negara asal produsen atau harus membayar biaya yang lebih tinggi
	Unieropa akan semakin melakukan pemantauan lebih ketat terhadap produsen kendaraan dan memberlakukan denda kepada produsen yang tidak patuh

Tabel 2.2 Analisis SWOT Pemulihan Produk Kendaraan EOL (Lanjutan)

	Produsen dari Amerika Serikat dan Asia akan mengalami kerugian dibandingkan produsen di Eropa karena pembongkaran yang tidak efisien
--	--

Sumber: Kumar *et al* (2008)

Analisis SWOT diatas dilakukan terhadap regulasi yang ada di Eropa, tetapi hasil tersebut tidak membuat produsen di negara lain seperti di Asia (termasuk Indonesia) dapat mengabaikan analisa SWOT diatas. Karena Indonesia merupakan produsen kendaraan yang mengeksport kendaraan-kendaraan kepada beberapa Negara di Eropa. Oleh karena itu, industri manufaktur yang bergerak dibidang otomotif harus menerapkan strategi yang optimal untuk melakukan pemulihan produk.

Penelitian terkait dengan pemulihan produk EOL dari kendaraan telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya, diantaranya Go *et al* (2011), Gradin *et al* (2013) dan Farel *et al* (2013). Untuk meningkatkan daur ulang dari kendaraan diperlukan pembongkaran dari setiap komponen kendaraan tergantung dari bahan komponen tersebut. Biaya untuk melakukan pembongkaran harus diperhitungkan, karena menjadi tidak efektif ketika biaya untuk pembongkaran terlalu tinggi. Saat ini perancang belum memiliki pengalaman dan keahlian merancang produk untuk pembongkaran dan dapat didaur ulang. Penelitian yang dilakukan oleh Go *et al* (2011) bertujuan untuk mendapatkan formula dalam menghitung waktu pembongkaran sebuah produk. Pembongkaran harus dilakukan sebelum bahan atau komponen dari produk EOL mengalami *reuse*, *remanufacture*, *recycle* atau pemulihan produk lainnya. Oleh karena itu menurut Go *et al* (2011) masih dibutuhkan penelitian lebih lanjut terkait pembongkaran produk EOL.

Dari 8 juta unit kendaraan yang mencapai tahap EOL setiap tahunnya, Negara Perancis menyumbangkan 1.8 juta unit pertahunnya dan kaca pada kendaraan menyumbangkan 2.9% dari bobot kendaraan – kendaraan EOL tersebut (Farel *et al* , 2013). Oleh karena itu, Farel *et al* (2013) melakukan investigasi dengan melakukan penelitian *Cost Benefit Analysis (CBA)* dari daur ulang kaca – kaca pada kendaraan EOL di Negara Perancis dengan menggunakan sistem

dinamik. Dampak ekonomi dan lingkungan yang diperoleh dari penelitian Farel *et al* (2013) adalah sebagai berikut:

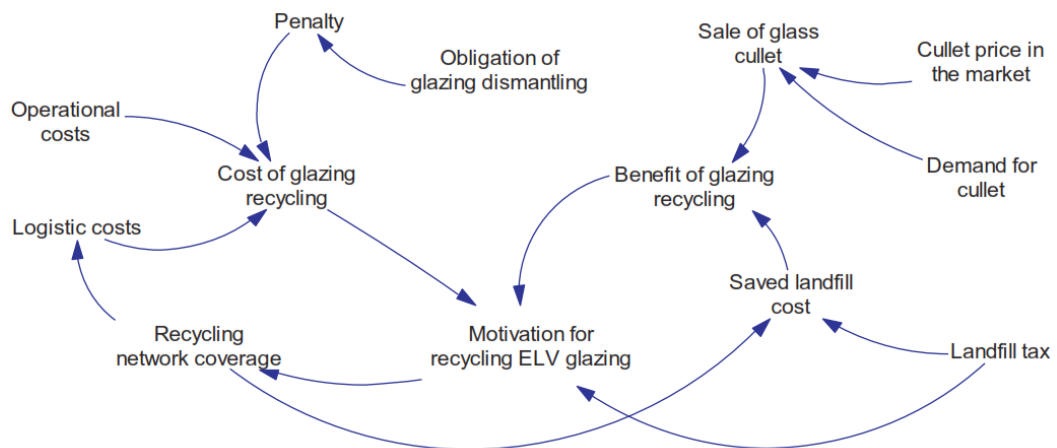
Tabel 2.3 Elemen – Elemen Dampak Ekonomi Dan Lingkungan Untuk Jaringan Daur Ulang Kaca – Kaca Kendaraan EOL

	Dismantling	Collect and landfill	Transport	Treatment
ELV glazing network activity	Dismantling the glazing storage	Collect glazing, storage	Transport glazing to glass treatment	Treatment of ELV glass
Cost estimation	40–50 €/T removed glazing	108.4 €/T landfill cost	60–85/T glazing	20–30/T cullet (buy + process)
Income estimation	10–15 €/T sale	80 €/T saving costs in landfill cost		40–50 €/T sale cullet
Emission TCO ₂ /T Barriers	Negligible Extra cost, no buyer	Negligible –	0.04/T glazing Cost, no buyer	0.0019/T cullet No considerable amount
Economic motivation	Granting sale, subside	Saving landfill costs, saving landfill capacity	Granting sale, extension and mutual development of the network	Improving capacity (5–10%)

Sumber: Farel et al (2013)

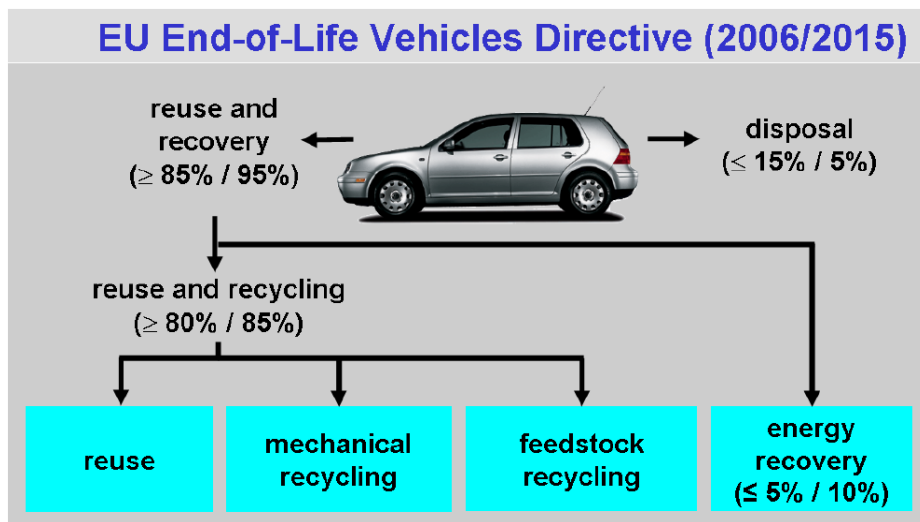
Farel *et al* (2013) juga mengembangkan sistem dinamik untuk *revenue* yang diperoleh, penurunan biaya serta pengaruh keputusan dan motivasi pada jaringan daur ulang. Untuk melakukan *Cost Benefit Analysis* pada proses *dismantling*, Farel *et al* (2013) menggunakan beberapa indikator, diantaranya: waktu, biaya yang dibutuhkan, *revenue*, konsumsi energi dan emisi CO₂.

9 skenario disimulasikan terhadap beberapa kondisi *cullet price*, *landfill cost*, *logistic cost* dan *network coverage*. Dengan menggunakan sistem dinamik, pendapatan dan biaya dengan melakukan daur ulang kaca selama beberapa tahun kedepan bisa diestimasikan, sehingga skenario terbaik dapat dipilih berdasarkan tujuan dari daur ulang yang ingin dicapai. Sementara model sistem dinamik yang dikembangkan dijelaskan dalam Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Model Sistem Dinamik Untuk Jaringan Daur Ulang Kaca – Kaca Kendaraan EOL (Farel, 2013; data diperoleh dari Farel et al, 2013)

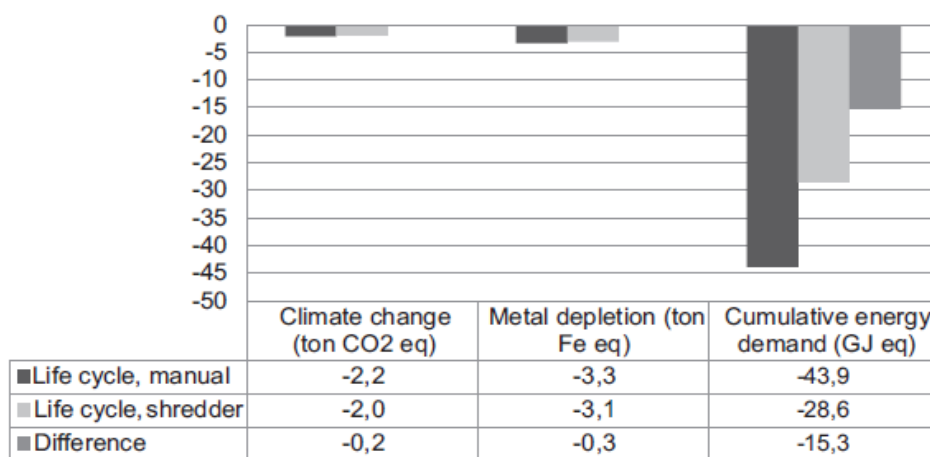
Persyaratan baru dalam pedoman kerangka kerja limbah 2008/98/EC menyatakan bahwa minimal 80% dari kendaraan EOL harus digunakan kembali atau didaur ulang (termasuk pemulihan energi). Gradin et al (2013) dalam penelitiannya mengemukakan bahwa pada tahun 2015, aturan untuk daur ulang tersebut ditingkatkan menjadi minimal 95% dari kendaraan EOL (lihat gambar 2.6 diatas).



Gambar 2.6 Spesifikasi Vehicle Directive of EOL (2000/53/EC) (Krinke, 2005; data diperoleh dari Krinke et al, 2005)

Perubahan komposisi bahan baku pada kendaraan meningkatkan kesulitan dalam melakukan pembongkaran dan daur ulang untuk kendaraan EOL tersebut.

Selain itu prosedur pembongkaran dan daur ulang yang ada saat ini sulit mengendalikan tingkat daur ulang. Oleh karena itu Gradin *et al* (2013) membuat skenario baru untuk pembongkaran dan daur ulang (skenario manual) dan membandingkan dengan metode *shredding* dan daur ulang yang ada saat ini. Gradin *et al* (2013) menggunakan metode LCA dan menggunakan beberapa indikator penilaian diantaranya: *climate change* (CO₂), *metal depletion* (FE ton) dan *cumulative energi demand* (GJ).



Gambar 2.7 Hasil *Assessment* (Gradin, 2013; data diperoleh dari Gradin *et al*, 2013)

Dari hasil *assessment* diatas disimpulkan bahwa penghematan energi dengan menggunakan skenario manual lebih besar dibandingkan dengan menggunakan skenario *shredder*, hal tersebut juga terjadi pada penurunan jumlah ton CO₂ dan Fe yang dihasilkan. Skenario ini telah dirancang dalam pedoman ELV tahun 2015, walaupun pemisahan dan daur ulang yang berkualitas tinggi dari polimer masih menjadi masalah. Kesimpulan dari penelitian tersebut adalah skenario pembongkaran manual lebih baik berdasarkan hasil *assessment* ketiga metode terhadap indikator yang ditetapkan. Namun jika salah satu indikator menyimpulkan skenario pembongkaran manual lebih baik, sementara indikator lain menyatakan skenario pembongkaran *shredder* lebih baik atau sebaliknya, maka sulit untuk mengambil keputusan dalam menentukan skenario mana yang dipilih.

Oleh karena itu perlu menggunakan teknik pengambilan keputusan multi kriteria untuk menyelesaikan masalah yang lebih kompleks.

2.3 Pengambilan Keputusan Multi Kriteria

Pengambilan keputusan multi kriteria merupakan sebuah metode atau teknik yang digunakan untuk memperoleh solusi optimal dari beberapa alternatif keputusan yang mempertimbangkan lebih dari satu kriteria atau objektif, dimana masing – masing kriteria tersebut berada dalam situasi yang bertentangan (Ciptomulyono, 2010). Menurut Ciptomulyono (2010) selama ini problem keputusan yang kompleks dimodelkan dalam sebuah model optimasi dengan objektif tunggal, sehingga model ini belum mampu mengakomodasikan keragaman dinamika dan kondisi dari kriteria – kriteria yang mengalami pertentangan atau konflik tersebut.

Menurut Hwang dan Yoon (1981) dalam Ciptomulyono (2010) taksonomi teori atau keilmuan dalam pengambilan keputusan multi kriteria dibagi menjadi 2 pendekatan, yaitu *Multi Objective Decision Making* (MODM) dan *Multi Attribute Decision Making* (MADM).

Tabel 2.4 Perbandingan Metoda MADM dan MODM

Elemen Keputusan	Metode Multiatribut (MADM)	Metode Multiple Objektif (MODM)
Kriteria	Attribute	Objektif
Objektif	Implisit	Eksplisit
Atribut	Eksplisit	Implisit
Kendala	Pasif	Aktif
Alternatif	Jumlah terbatas	Jumlah tidak terbatas dan kontinu (integer)
Interaksi	Jarang	Lebih sering
Pemakaian	Problem seleksi dan pemilihan alternatif	Problem konsepsi dan rekayasa

Sumber: Hwang dan Yoon (1981) melalui Ciptomulyono (2010)

2.3.1 Pendekatan MADM (*Multiple Attribute Decision Making*)

Pendekatan MADM digunakan untuk menyelesaikan sebuah persoalan pemilihan atau seleksi yang mempertimbangkan multi kriteria tanpa menggunakan pendekatan program matematik klasik (Ciptomulyono, 2010). MADM merupakan sebuah metoda yang dapat digunakan sebagai alat pendukung dalam memahami sebuah permasalahan, menentukan prioritas, *values*, objektif melalui eksplorasi komponen keputusan untuk mengidentifikasi pilihan terbaik yang disukai menjadi lebih mudah (Ciptomulyono, 2010). Beberapa penelitian terkait dengan pengambilan keputusan untuk *sustainable manufacturing* dengan pendekatan MADM telah dilakukan, diantaranya dengan menggunakan metode Promethee (Zhang dan Haapala, 2014) dan AHP (Ziout et al, 2013).

Pengambilan keputusan yang tepat sangat menentukan sebuah organisasi dalam mencapai *sustainable manufacturing*. Dimana pengambilan keputusan harus mempertimbangkan pelbagai aspek yang memberikan dampak terhadap tujuan organisasi dalam mencapai *sustainable manufacturing*. Teknik pengambilan keputusan untuk upaya pengurangan dampak lingkungan dan biaya produksi sudah diaplikasikan sejak tahun 1980-an (Zhang dan Haapala, 2014). Zhang dan Haapala pada tahun 2014 melakukan *pendekatan* dengan mengembangkan *assessment* ekonomi, *assessment* dampak lingkungan dan *assessment* dampak sosial pada tingkat *work cell* untuk *sustainability assessment* yang lebih luas. Hasil *assessment* tersebut diintegrasikan kedalam *framework assessment sustainable manufacturing* dengan memodifikasi metode pembobotan berdasarkan metode pengambilan keputusan *pairwise comparison* dan melakukan perankingan dengan menggunakan metode *promethee*.

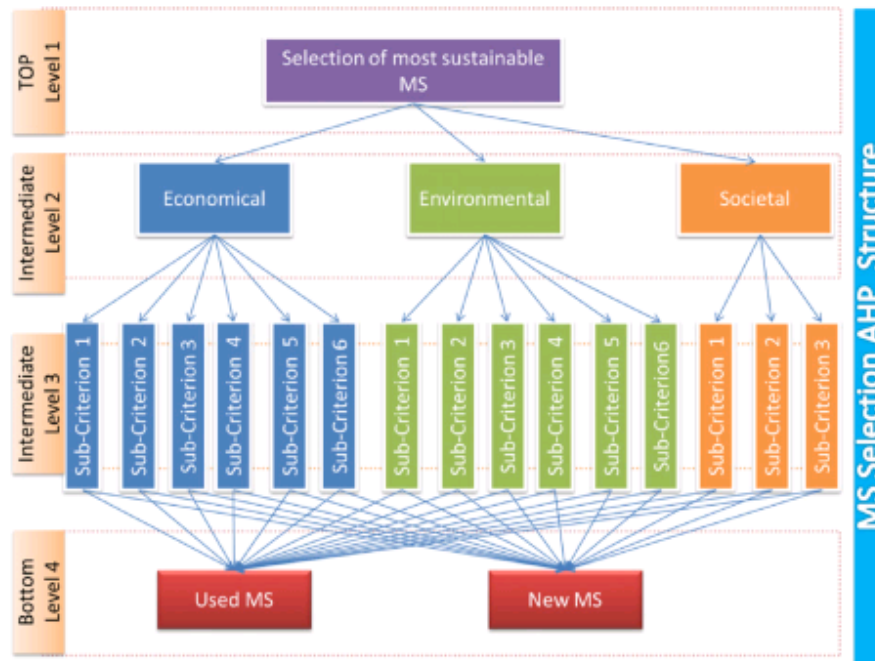
skenario S2. Sehingga urutan alternatif solusi yang dihasilkan untuk ketiga alternatif adalah S2, S1 dan S3 (Lihat tabel 2.6).

Tabel 2.6 Alternatif *Net Ranking* dengan Menggunakan Metode Promethee

Scenario	Positive (\emptyset^+)	Negative (\emptyset^-)	Net (\emptyset)
S1	1.482	1.482	0.000
S2	2.224	0.739	1.485
S3	0.739	2.224	-1.485

Sumber: Zhang *et al* (2014)

Ziout *et al* (2013) melakukan penelitian untuk memilih alternatif terbaik untuk sistem manufaktur *reuse* yang digunakan dalam keputusan untuk membeli *single screw extruder pelletizer*. Dengan membuat pengembangan struktur hirarki untuk pelaksanaan *sustainability assessment* sistem manufaktur berdasarkan aspek ekonomi, sosial dan lingkungan (Lihat gambar 2.9). Peneliti melakukan pembobotan umum untuk semua indikator dengan melakukan survey kepada para *expert* dibidang yang terkait dengan penelitian, kemudian membuat *metrics* kepentingan untuk tiap indikator dengan membandingkannya terhadap 2 alternatif yang dipilih. Selanjutnya dengan menggunakan metode AHP untuk memperoleh tingkat kepentingan berdasarkan indikator – indikator tersebut. Berdasarkan skor tersebut, maka diperoleh kesimpulan bahwa dengan menggunakan sistem manufaktur yang sudah digunakan merupakan alternatif terbaik dengan sistem manufaktur baru yang diajukan.



Gambar 2.9 Struktur Hirarki *Sustainability Assesment* Sistem Manufaktur (Ziout, 2013; data diperoleh dari Ziout et al, 2013)

Menurut Hwang dan Yoon (1981) dalam Ciptomulyono (2010) pendekatan MADM digunakan untuk menyelesaikan keputusan dalam melakukan seleksi dan pemilihan alternatif, sementara untuk problem konspesi dan rekayasa dibutuhkan pendekatan MODM, dimana kendala dalam keputusan bersifat aktif. Dalam menetapkan strategi pemulihan kendaraan EOL pada beberapa negara berkembang seperti di Indonesia, diperlukan sebuah rekayasa dalam merancang jaringan pemulihan kendaraan EOL tersebut. Selain keterbatasan data dalam menetapkan strategi pemulihan kendaraan EOL ini dan banyaknya kendala dalam mengambil keputusan yang bersifat aktif, seperti regulasi pemerintah, keterbatasan sumber daya alam dan lainnya membuat pendekatan MODM lebih sesuai dalam pengambilan keputusan saat ini.

2.3.2 Pendekatan MODM (*Multiple Objective Decision Making*)

Sebuah model optimasi yang memiliki objektif majemuk dimana objektif tersebut saling mengalami konflik dapat diselesaikan dengan pendekatan MODM ini (Ciptomulyono, 2010). Dalam metode MODM, menurut Ciptomulyono (2010) fungsi yang multi objektif harus dioptimalkan secara simultan dimana variabel

keputusan yang dicari tidak ditetapkan terlebih dahulu. Ciptomulyono (2010) melakukan pengolahan tentang taksonomi penyelesaian pengambilan keputusan dari berbagai sumber, beberapa teknik dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan dalam pengambilan keputusan MODM, diantaranya: *Goal Programming*, *Global Criteria Method*, *Compromise Programming* dan lainnya.

Penelitian dengan pendekatan MODM telah dilakukan oleh beberapa peneliti, diantaranya oleh Pati et al (2008), Harraz dan Galal (2011) dan Hisjam et al (2015). Menyadari bahwa keberlanjutan dalam dunia industri sangat penting, Hisjam et al (2015) merancang sebuah model rantai suplai berkelanjutan yang melibatkan 3 pemain dengan 13 sasaran atau tujuan. Hisjam et al (2015) melakukan penelitian pada rantai suplai industri mebel di Jawa Tengah dengan memberikan bobot yang berbeda-beda pada tujuan masing-masing. Dengan mempertimbangkan tiga aspek (sosial, ekonomi dan lingkungan) dan tiga pemain, model yang dirancang merupakan model multi objektif. *Goal programming* merupakan sebuah alat yang tepat untuk mencapai sasaran yang kadang bertentangan antara aspek maupun pemain dalam jaringan rantai suplai tersebut. Dengan menggunakan metode *goal programming*, Hisjam et al (2015) menyimpulkan bahwa pembobotan untuk aspek sosial dan ekonomi memberikan pencapaian sasaran yang lebih baik

Aplikasi pemodelan dengan menggunakan *goal programming* terkait pengelolaan produk EOL telah dilakukan oleh beberapa peneliti, yaitu Pati et al (2008). Konflik antara melakukan optimalisasi secara ekonomi dan lingkungan mendapat perhatian luas dalam penelitian tentang pengelolaan sampah saat ini dan menciptakan sebuah ide baru dalam melakukan pengelolaan sampah dengan sistem *Reverse Logistic* (RL). Analisis formulasi dengan menggunakan model *Mixed Integer Goal Programming* (MIGP) dilakukan merancang sistem logistik dalam daur ulang kertas. Tiga sasaran yang ingin dicapai dijadikan objektif dalam penelitian ini, yaitu menurunkan biaya RL, memperbaiki kualitas produk dengan memperbaiki sumbernya dan meningkatkan keuntungan secara lingkungan (Pati et al, 2008). Model yang dirancang pada penelitian yang dilakukan oleh Pati et al (2008) dapat membantu industri daur ulang kertas dalam menentukan lokasi fasilitas, rute aliran varietas yang berbeda dalam daur ulang sampah dalam sebuah *framework* pengambilan keputusan yang multi item, multi eseleon dan multi-

fasilitas. Dengan menggunakan teknik pengambilan keputusan multi objektif, model yang dirancang dapat mengakomodasi sasaran yang ingin dicapai baik secara ekonomi maupun lingkungan dalam merancang sistem RL.

2.4 Model Goal Programming

Menurut Choudary dan Shankar (2014) *Goal Programming* (GP) yang diperkenalkan oleh Charness, Cooper dan Ferguson pada tahun 1955 merupakan pendekatan yang paling banyak digunakan dalam pengambilan keputusan multi kriteria dan pemrograman dengan banyak tujuan. Dalam GP setiap objektif atau tujuan merupakan tingkat target pencapaian dan prioritas yang belum dispesifikasikan oleh pengambil keputusan dalam mencapai target (Choudary dan Shankar, 2014). Untuk pencarian sebuah solusi optimal dalam sebuah keputusan yang bersifat majemuk, pemecahan aspirasi total menjadi sekumpulan sub-sasaran, *goal* dan objektif yang saling independen dapat dilakukan (Ciptomulyono, 2001). Ciptomulyono (2001) melakukan *review* terhadap beberapa pendekatan penyelesaian dalam Optimasi *Multiobjective Programming* (MOP) dimana salah satunya adalah dengan menggunakan model *goal programming*. Penjabaran untuk persoalan optimalisasi *multiobjektif programming* dengan pendekatan *goal programming* dapat dimulai dengan persoalan berikut (Ciptomulyono, 2001):

$$\text{Max or Min } f(x) = [f_1(x) \dots \dots \dots, f_k(x)] \quad (2.1)$$

$$g_i(x) \begin{pmatrix} \geq \\ \leq \\ = \end{pmatrix} b_i \quad i = 1, \dots \dots \dots, m \quad (2.2)$$

$$x_i \geq 0 \quad i = 1, \dots \dots \dots, n \quad (2.3)$$

Definisikan:

$$\hat{f} = (\hat{f}_1, \dots \dots \dots, \hat{f}_k), \text{ ou } \hat{f}_j, j = 1, \dots \dots \dots, k \quad (2.4)$$

Persamaan diatas menyatakan tingkat level aspirasi sebagai batas penerimaan atau penolakan realisasi suatu objektif dalam mencapai sasaran. Fungsi objektif $f_j(x)$ (resp. $\min f_j(x)$) dirumuskan sebagai berikut:

$$f_j(x) = \hat{f}_j(\text{resp. } f_j(x) \leq \hat{f}_j) \quad (2.5)$$

Apabila ada pertimbangan variabel untuk deviasi baru p_j dan n_j , maka nilainya dijelaskan dalam persamaan berikut:

$$p_j = \frac{1}{2} [|f_j(x) - \hat{f}_j| - |f_j(x) - \hat{f}_j|] \quad (2.6)$$

$$n_j = \frac{1}{2} [|f_j(x) - \hat{f}_j| - |f_j(x) - \hat{f}_j|] \quad (2.7)$$

Dalam persamaan ini p_j merupakan deviasi (+) atau variabel yang melebihi pencapaian suatu level aspirasi *goal* atau objektif ke j sementara n_j merupakan deviasi (-) atau variabel dibawah pencapaian suatu level aspirasi *goal* atau objektif ke j , dimana:

$$p_j + n_j = |f_j(x) - \hat{f}_j| \quad (2.8)$$

$$p_j - n_j = f_j(x) - \hat{f}_j \quad (2.9)$$

$$p_j, n_j = 0 \quad (2.10)$$

$$p_j, n_j \geq 0 \quad (2.11)$$

Dari persamaan (2.4.9) diatas dapat diambil formulasi akhir untuk setiap fungsi kendala $f_j(x) \left(\begin{smallmatrix} \geq \\ \leq \end{smallmatrix} \right) \hat{f}_j$ sebagai berikut:

$$f_j(x) + n_j - p_j = \hat{f}_j \quad j = 1, \dots, k \quad (2.12)$$

Untuk kendala yang bersifat *rigid* atau fungsi *goal* yang absolut infleksibel diperoleh:

$$g_i(x) \left(\begin{smallmatrix} \geq \\ \leq \end{smallmatrix} \right) b_i \quad (2.13)$$

Sehingga dihasilkan sebuah bentuk persamaan yang diubah dari *goal* atau kendala yang *rigid* sebagai berikut:

$$g_j(x) + n_j - p_j = g_j \quad j = 1, \dots, m \quad (2.14)$$

GP berperan dalam meminimalkan penyimpangan yang tidak diinginkan antara pencapaian tujuan dan tingkat aspirasi yang diinginkan (Choudary dan Shankar, 2014). Romero (1991).

2.4.1 Goal Programming Non Preemptif

Goal programming non preemptif atau *weighted goal programming* (WGP) mempertimbangkan semua tujuan secara bersamaan dan diwujudkan dalam fungsi tujuan gabungan (Romero, 1991). Fungsi gabungan ini mencoba untuk meminimalkan jumlah deviasi antara tujuan dan tingkat aspirasi yang ditetapkan. Deviasi tersebut diberatkan menurut kepentingan para pengambil keputusan untuk

masing - masing tujuan. Romero (1991) merumuskan struktur model WGP sebagai berikut:

$$\text{Minimize } \sum_{i=1}^k (\alpha_i n_i + \beta_i p_i) \quad (2.15)$$

Subject to:

$$f_i(X) + n_i - p_i = b_i \quad (2.16)$$

$$X \in F \quad (2.17)$$

$$X \geq 1, n \geq 1, p \geq 1 \quad (2.18)$$

Dimana α_i dan β_i merupakan *weighting factor* untuk deviasi negatif dan positif untuk tujuan ke i dan F merupakan *feasible* atau *constraint* yang ditetapkan. Bobot untuk β akan menjadi nol ketika pencapaian *goal* atau tujuan yang diinginkan lebih besar dari target yang ditetapkan. Dengan cara yang sama, α akan menjadi nol jika *goal* atau tujuan yang diinginkan lebih besar dari target yang ditetapkan.

2.4.2 Goal Programming Preemptif

Menurut ciptomulyono (2001) model *goal programming* yang paling dikenal adalah *Goal Programming "Préemptif" (lexicographique)*. Dalam model ini diperlukan urutan objektif dalam kelas prioritas yang terbagi kedalam beberapa kelompok menurut tingkat kepentingan objektif masing-masing. Dalam GP *Preemptif* masalah diselesaikan sebagai urutan *linier programs* dimana masing – masing *linear program* mewakili setiap tingkat prioritas, sehingga revisi dalam sebuah solusi hanya diperbolehkan jika hal tersebut menyebabkan tidak tercapainya tujuan prioritas yang lebih tinggi (Choudhary dan Shankar, 2014).

Kongar dan Sobh (2003) menyatakan bahwa tujuan dasar dari *goal programming* adalah memenuhi beberapa tujuan secara bersamaan untuk pengambilan sebuah keputusan. Pada tahap awal, satu set atribut yang harus dipertimbangkan dalam mengambil keputusan dibangun, dimana untuk masing – masing atribut harus mempunyai target atau tingkat pencapaian. Berikutnya variabel – variabel deviasi dikenalkan, dimana variabel ini dapat negatif (biasanya dilambangkan n_i) atau positif (biasanya dilambangkan dengan p_i). Kemudian atribut – atribut tersebut diinginkan untuk melebihi pencapaian (minimasi n_i) dan dibawah pencapaian (minimasi p_i). Selanjutnya Kongar dan Sobh (2003)

menjelaskan langkah – langkah dalam perancangan *goal programming* sebagai berikut:

1. Tanamkan data set yang relevan dan tentukan sasaran untuk data set tersebut
2. Dapatkan solusi *linier programming* (LP) yang mendefinisikan *goal* saat ini sebagai fungsi tujuan
3. Jika *goal* saat ini merupakan *goal* yang sudah ditetapkan, set persamaan tersebut kedalam fungsi tujuan LP yang dijelaskan pada langkah ke 2 dan berhenti, tetapi jika tidak lanjutkan ke langkah berikutnya.
4. Jika *goal* saat ini sudah tercapai atau melebihi pencapaian, tetapkan persamaan tersebut untuk level aspirasi dan tambahkan kendala kedalam beberapa kendala, kemudian lanjutkan ke langkah berikutnya. Akan tetapi, jika *goal* saat ini belum tercapai atau dibawah pencapaian, tetapkan level aspirasi dari persamaan sasaran saat ini kedalam fungsi objektif LP dalam langkah 2 dan tambahkan persamaan ini kedalam kendala, lalu lanjutkan kelangkah berikutnya
5. Tetapkan sasaran - sasaran yang penting sebagai *goal* saat ini.

Sementara dalam penelitian lainnya, Ciptomulyono (2013) mengemukakan model standar persamaan matematis untuk *goal programming* sebagai berikut:

$$\text{Mencari: } \bar{X} = [x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_j] \quad (2.19)$$

Untuk meminimasi:

$$\bar{a} = [g_1(n, p), g_2(n, p), \dots, g_k(n, p), \dots, g_k(n, p)] \quad (2.20)$$

Sementara:

$$f_i(\bar{X}) + n_i - p_i = \bar{b}_i \quad (2.21)$$

$$\bar{X}, n_i, p_i \geq 0 \quad (2.22)$$

$$\text{for } i = 1, 2, \dots, m \quad (2.23)$$

Dimana:

X_i = variabel keputusan ke - i

a = dinotasikan sebagai fungsi pencapaian, ukuran vektor baris dari pencapaian tujuan atau kendala *rigid* pada setiap tingkat prioritas

$g_k(n, p)$ = fungsi (biasanya linier) dari asosiasi variabel deviasi dengan objektif atau kendala pada prioritas level ke k

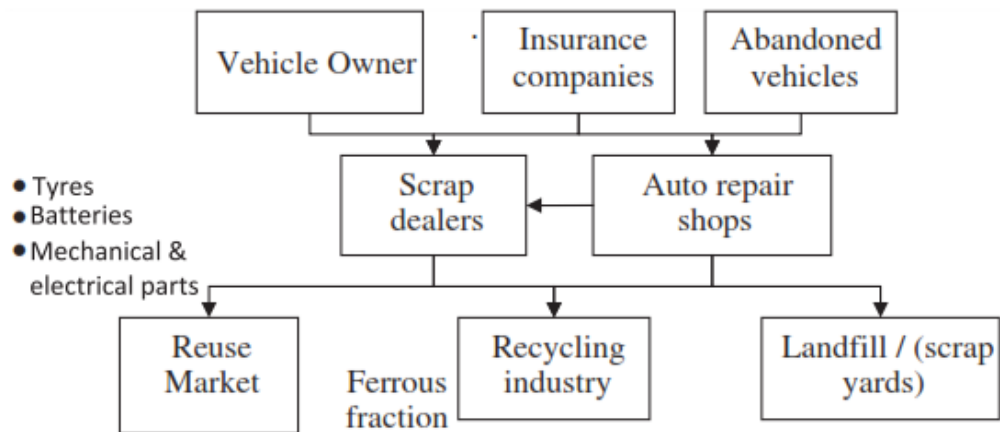
K = jumlah tingkat prioritas dalam model

b_i = kendala sisi kanan untuk *goal* atau objektif (kendala rigid) i

$f_i(x)$ = sisi kiri dari *goal* atau kendala i linier atau non linier

Menurut Harraz dan Galal (2011) tingkat kepedulian negara – negara berkembang terhadap pemulihan kendaraan masih terbatas, terutama jika dilihat dari faktor ekonomi dan sosial. Akan tetapi, semakin tingginya kepedulian dunia terhadap lingkungan, semakin berkurangnya tempat untuk melakukan penimbunan produk – produk EOL dan menipisnya sumber daya alam membuat beberapa negara – negara berkembang mulai meningkatkan kepedulian terhadap pemulihan kendaraan, salah satunya Negara Turki. Bagi negara – negara berkembang perancangan jaringan pemulihan kendaraan EOL merupakan strategi yang penting dalam tahap awal pelaksanaan kegiatan pemulihan kendaraan. Oleh karena itu dalam penelitiannya Harraz dan Galal (2011) menggunakan teknik pengambilan keputusan multi objektif dengan menggunakan *goal programming* dalam merancang jaringan pemulihan kendaraan EOL.

Pada Negara Turki, *Egyptian Automotive Manufacturers Association* (EAMA) menyatakan bahwa dari tahun 2003 sampai dengan tahun 2007 pertumbuhan penjualan kendaraan meningkat hingga lebih dari 200%. Sementara peredaran mobil – mobil tua (berumur lebih dari 30 tahun) di Turki jumlahnya mencapai 26,4% dan 36,1% terletak di kota-kota besar, artinya kendaraan – kendaraan tua di Turki belum tentu dibuang (dijual ke pihak selanjutnya sebagai mobil bekas) dan penyebaran kendaraan di Turki belum merata. Dalam Gambar 2.10 dijelaskan rute dari kendaraan – kendaraan EOL di Negara Turki (Harraz dan Galal, 2011).



Gambar 2.10 ELV Path pada Negara Turki (Harraz, 2011; data diperoleh dari Harraz dan Galal, 2011)

Menurut Harraz dan Galal (2011) penelitian yang ada saat ini fokus terhadap isu – isu teknologi dalam melakukan pemulihan kendaraan dibandingkan dengan masalah dalam memutuskan lokasi operasional pemulihan kendaraan, seperti lokasi pengumpulan, lokasi *disassembly* dan lokasi pemulihan kendaraan EOL. Untuk merancang jaringan pemulihan kendaraan, diperlukan pengambilan keputusan yang mempertimbangkan beberapa tujuan berdasarkan dimensi *sustainability* yaitu lingkungan, ekonomi dan sosial.

2.5 Merancang Strategi Pemulihan Kendaraan dengan Model *Goal Programming*

Untuk merancang strategi pemulihan kendaraan di Turki, Harraz dan Galal (2011) mengembangkan model untuk merancang jaringan pemulihan kendaraan sebagai berikut:

1) Indeks

i = lokasi pabrik *refurbishing* potensial

j = lokasi pusat *disassembly* potensial

r = *recycler*

q = tipe produk

s = tipe *assembly*

p = tipe *part*

w = limbah

2) Parameter

a_{qs} = jumlah *assembly* s termasuk per produk tipe q

b_{qp} = jumlah *part* p termasuk per produk tipe q

P_{RL} = jumlah *assembly* s termasuk per *assembly* s

A_{β} = tingkat aspirasi jumlah yang di *recycle* (dalam kg)

A_{δ} = tingkat aspirasi jumlah yang di disposal (dalam kg)

W_{qs} = berat *assembly* s dari produk tipe q (dalam kg)

W_{qp} = berat *part* p dari produk tipe q (dalam kg)

W_{qps} = berat *part* p dari *assembly* s dari produk q (dalam kg)

W_q = berat produk tipe q (dalam kg)

D_{qs}^{ds} = Permintaan dealer – dealer d untuk *assembly* s produk tipe q

D_{qp}^{dp} = Permintaan dealer – dealer d untuk *part* p produk tipe q

D_{qsp}^{dps} = Permintaan dealer – dealer d untuk *part* p berasal dari
assembly s produk tipe q

D_r^R = Permintaan *recycler* r (dalam kg)

F_r^R = biaya tetap untuk pembukaan sebuah pabrik *refurbish* I
pada lokasi j

F_j^{DA} = biaya tetap untuk pembukaan sebuah pusat *disassembly*
pada lokasi j

C_q^a = biaya tetap untuk produk tipe q

C_{qs}^b = biaya *refurbishing assembly* s dari produk tipe q

C_{qs}^{cs} = biaya *disassembly* dari *assembly* s dari produk tipe q

C_{qp}^{cp} = biaya *disassembly* dari *part* p untuk produk tipe q

C_{qsp}^{cps} = biaya *disassembly* dari *part* p dari *assembly* s untuk produk
tipe q

C_{qp}^w = biaya disposal *part* p dari produk tipe q

P_{dqs}^a = harga jual unit *assembly* s produk tipe q kepada dealer d

P_{dqp}^b = harga jual unit *part* p produk tipe q kepada dealer d

P_{dqsp}^c = harga jual unit *part p assembly s* produk tipe *q* kepada dealer *d*

P_{qp}^{rp} = harga jual unit *part p* produk tipe *q* ke *recycler*

P_{qs}^{rs} = harga jual unit *assembly s* produk tipe *q* ke *recycler*

P_{qsp}^{rsp} = harga jual unit *part p assembly s* produk tipe *q* ke *recycler*

RF = pemberian dana kepada pemilik produk (konsumen)

C_{ji}^e = biaya transportasi unit dari pusat *disassembly j* ke pabrik *refurbish i*

d_{ji} = jarak antara pusat *disassembly j* dan pabrik *refurbish i*

N_i^{RE} = jumlah maksimum fasilitas *refurbish* yang dibuka

N_j^{DA} = jumlah maksimum pusat *disassembly* yang dibuka

$NEOL_q$ = jumlah produk EOL maksimum yang tersedia tipe *q*

α_{qs} = fraksi yang diinginkan dari *assembly s* produk tipe *q* yang dapat *direfurbish*

γ_{qs} = fraksi yang diinginkan dari *assembly s* produk tipe *q* yang dapat di *reuse*

γ_{qp} = fraksi yang diinginkan dari *part p* produk tipe *q* yang dapat di *reuse*

γ_{qps} = fraksi yang diinginkan dari *part p assembly s* produk tipe *q* yang dapat di *reuse*

ε_{qs} = *Parameter binary, equal 1 jika assembly s tersedia pada produk tipe q*

ε_{qp} = *Parameter binary, equal 1 jika part p tersedia pada produk tipe q*

ε_{qps} = *Parameter binary, equal 1 jika part p tersedia pada assembly s produk tipe q*

\emptyset = persentase maksimum dari total berat yang dapat di *recycle*

3) Variabel – variable keputusan

C_i^{RE} = Kapasitas pabrik *refurbishing i*

C_j^{DA} = Kapasitas pusat *disassembly* j

d_n^+ = deviasional positif variabel tujuan n

d_n^- = deviasional negatif variabel tujuan n

Y_i^{RE} = Variabel binier mengindikasikan pembukaan pabrik
refurbishing lokasi i

Y_j^{DA} = Variabel binier mengindikasikan pembukaan pusat
disassembly lokasi j

X_{qj} = jumlah produk tipe q yang masuk ke pusat *disassembly* j

X_{qsj} = jumlah *assembly* s produk tipe q di *disassembly* dipusat
disassembly j

X_{qsi}^{RD} = jumlah unit dari *assembly* s produk tipe q yang dipindahkan
dari pabrik *refurbish* i kepusat *disassembly* j

X_{qsji}^{DR} = jumlah unit dari *assembly* s produk tipe q yang dipindahkan
dari pusat *disassembly* j ke pabrik *refurbish* i

X_{qsj}^{DES} = jumlah unit dari *assembly* s produk tipe q yang dipindahkan
dari pusat *disassembly* j ke dealer d

X_{qpjd}^{DEP} = jumlah unit dari *part* p produk tipe q yang dipindahkan
dari pusat *disassembly* j ke dealer d

X_{qpsjd}^{DEPS} = jumlah unit dari *part* p *assembly* s produk tipe q yang
dipindahkan dari pusat *disassembly* j ke dealer d

X_{qpj}^{DW} = jumlah unit dari *part* p produk tipe q yang berasal dari pusat
disassembly untuk disposal

X_{qpsj}^{DW} = jumlah unit dari *part* p *assembly* s produk tipe q yang berasal
dari pusat *disassembly* j untuk disposal

X_{qsjr}^{DCS} = jumlah unit dari *assembly* s produk tipe q terjual dari pusat
disassembly j kepada *recycler* r

X_{qpjr}^{DCP} = jumlah unit dari *part* p produk tipe q terjual dari pusat
disassembly j kepada *recycler* r

X_{qpsjr}^{DCPS} = jumlah unit dari *part* p *assembly* s produk tipe q terjual

dari pusat *disassembly* j kepada *recycler* r

4) Vector pencapaian

Lexicograpis minimasi:

$$z = \{d_1^-, d_2^+, d_3^-\} \quad (2.24)$$

5) Soft constraints

▪ Net income

$$net\ income + d_1^- - d_1^+ = P_{RL} \quad (2.25)$$

▪ Jumlah disposal

$$\sum_j \sum_p w_{qp} x_{qpj}^{DW} + \sum_j \sum_s \sum_p w_{qps} x_{qpsj}^{DW} + d_2^- - d_2^+ = A_\gamma, \forall_q \in Q \quad (2.26)$$

▪ Jumlah material yang di *recycle*

$$\sum_p \sum_j w_{qp} x_{qpjr}^{DCP} + \sum_s \sum_j \sum_i w_{qs} x_{qsjr}^{DCS} + \sum_p \sum_s \sum_j w_{qps} x_{qpsjr}^{DCPS} + d_3^- - d_3^+ = A_\beta, \forall_q \in Q, \forall_r \in R \quad (2.27)$$

6) Rigid constraints

▪ Kendala permintaan

$$\sum_j \sum_i X_{qsi}^{RD} + \sum_j X_{qsj}^{DES} \leq \sum_d D_{qs}^{ds}, \forall_s \in S, \forall_q \in Q \quad (2.28)$$

$$\sum_j X_{qpj}^{DEP} \leq \sum_d D_{qp}^{dp}, \forall_q \in Q, \forall_p \in P \quad (2.29)$$

$$\sum_j X_{qpsj}^{DEPS} \leq \sum_d D_{qsp}^{dps}, \forall_q \in Q, \forall_p \in P, \forall_s \in S \quad (2.30)$$

▪ Kendala keseimbangan input – output

$$\sum_j X_{qsi}^{RD} = \sum_j X_{qsji}^{DR}, \forall_i \in I, \forall_q \in Q, \forall_s \in S \quad (2.31)$$

$$\sum_i X_{qsi}^{RD} = \sum_i X_{qsji}^{DR}, \forall_i \in I, \forall_q \in Q, \forall_s \in S \quad (2.32)$$

$$X_{qj} * b_{qp} = X_{qpj}^{DW} + \sum_d X_{qpjd}^{DEP} + \sum_r X_{qpjr}^{DCP}, \forall_q \in Q, \forall_p \in P, \forall_j \in J \quad (2.33)$$

$$X_{qj} * a_{qs} - \sum_i X_{qsji}^{DR} - \sum_r X_{qsjd}^{DES} - \sum_r X_{qsjr}^{DCS} = X_{qsj}, \forall_q \in Q, \forall_s \in S, \forall_j \in J \quad (2.34)$$

$$X = \frac{\sum_p X_{qpsj}^{DW} * \frac{1}{f_{qps}} + \sum_d \sum_p X_{qpsjd}^{DEPS} * \frac{1}{f_{qps}} + \sum_r \sum_p X_{qpsjr}^{DCPS} * \frac{1}{f_{qps}}}{\sum_p \epsilon_{qps}}, \forall_q \in Q, \forall_s \in S, \forall_j \in J \quad (2.35)$$

$$\begin{aligned} & X_{qj} * \alpha_{qa} * f_{ps} - \sum_i f_{ps} X_{qsji}^{DR} - \sum_d f_{ps} X_{qsjd}^{DES} - \sum_r f_{ps} X_{qsjr}^{DCS} = X_{qpsj}^{DW} + \\ & \sum_d X_{qpsjd}^{DEPS} \\ & + \sum_r X_{qpsjr}^{DCPS}, \forall_q \in Q, \forall_p \in P, \forall_j \in J, \forall_s \in S \end{aligned} \quad (2.36)$$

- Kendala pembukaan fasilitas

$$\sum_q \sum_s X_{qsi}^{DR} \geq Y_i^{RE}, \forall_i \in I \quad (2.37)$$

$$\sum_q X_{qj} + \sum_q \sum_s \sum_i X_{qsj}^{RDS} \geq Y_j^{DA}, \forall_j \in J \quad (2.38)$$

- Kendala kapasitas

$$\sum_q \sum_s X_{qsi}^{DR} \leq Y_i^{RE} C_i^{RE}, \forall_i \in I \quad (2.39)$$

$$\sum_q X_{qj} + \sum_q \sum_s \sum_i X_{qsj}^{RD} \leq Y_j^{DA} * C_j^{DA}, \forall_j \in J \quad (2.40)$$

- Kendala kemungkinan teknis

$$\sum_i X_{qsi}^{RD} \leq \alpha_{qs} a_{qs} \sum_k X_{qkj}, \forall_q \in Q, \forall_s \in S, \forall_j \in J \quad (2.41)$$

$$\sum_d X_{qsjd}^{DES} \leq \gamma_{qs}^s a_{qs} \sum_k X_{qkj}, \forall_q \in Q, \forall_s \in S, \forall_j \in J \quad (2.42)$$

$$\sum_d X_{qpjd}^{DEP} \leq \sum_s \gamma_{qp}^p b_{qp} \sum_k X_{qkj}, \forall_q \in Q, \forall_s \in S, \forall_j \in J \quad (2.43)$$

$$\begin{aligned} \sum_d X_{qpsjd}^{DEPS} \leq & \sum_k \gamma_{qps} a_{qs} f_{qps} X_{qkj} - \sum_k \gamma_{qps} f_{ps} X_{qsj}^{DR} - \sum_d \gamma_{qps} f_{ps} X_{qsjd}^{DES} \\ & - \sum_k \gamma_{qps} f_{ps} X_{qsj}^{DR} - \sum_r \gamma_{qps} f_{ps} X_{qsjr}^{DCS}, \forall_q \in Q, \forall_s \in S, \forall_p \in P, \forall_j \in J \end{aligned} \quad (2.44)$$

$$\begin{aligned} \sum_p W_{qp} X_{qpjr}^{DCP} + \sum_s \sum_i W_{qs} X_{qsjr}^{DCS} + \sum_p \sum_s W_{qps} X_{qpsjr}^{DCPS} \leq & \emptyset W_q X_{qj}, \forall_q \in \\ Q, \forall_j \in J \end{aligned} \quad (2.45)$$

- Kendala keterbatasan fasilitas yang dapat dibuka

$$\sum_j Y_j^{DA} \leq N_j^{DA}, \forall_j \in J \quad (2.46)$$

$$\sum_i Y_i^{RE} \leq N_i^{RE}, \forall_i \in I \quad (2.47)$$

$$\sum_j Y_j^{DA} \leq 1, \forall_j \in J \quad (2.48)$$

- Kendala ketersediaan produk EOL

$$\sum_j X_{qj} \leq NEOL_q, \forall_q \in Q \quad (2.49)$$

- Kendala binier

$$Y_i^{RE}, Y_j^{DA} \in \{0,1\} \forall_{i,j,k} \quad (2.50)$$

- Kendala *Non – negativity*

$$X_{qj} X_{qsi} X_{qsi}^{RD} X_{qsj}^{DR} X_{qsj}^{DES} X_{qsjd}^{DEPS} X_{qpjd}^{DEP} X_{qpj}^{DW} X_{qpsj}^{DW} X_{qsjr}^{DCS} X_{qpsjr}^{DCPS} X_{qpjr}^{DCP} \geq 0 \quad (2.51)$$

$$d_1^+, d_1^-, d_2^+ d_2^-, d_3^-, d_3^+ \geq 0 \quad (2.52)$$

Pendapatan bersih = Total Pendapatan – Total Biaya
 Total Pendapatan = Pendapatan dari menjual *spare part* + Pendapatan dari menjual ke *recycler*
 Total Biaya = Pendanaan + Transportasi + Inspeksi + *Disassembly* + *Refurbishing* + Disposasi limbah + Biaya Tetap

Pendapatan dari penjualan *part* dan *assembly* kepada dealer dinotasikan sebagai berikut (Harraz dan Galal, 2011):

$$= \sum_j \sum_d \sum_q * \sum_s (P_{qsd}^a (X_{qsjd}^{DES} + X_{qsjd}^{RDS}) + P_{qpd}^b X_{qpjd}^{DEP} + P_{qpsd}^c X_{qpsjd}^{DEPS}) \quad (2.53)$$

Pendapatan dari penjualan material daur ulang kepada *recycler* dinotasikan sebagai berikut (Harraz dan Galal, 2011):

$$= \sum_q \sum_r \sum_j * \sum_s (P_{qp}^{rp} W_{qp} X_{qpjr}^{DCP} + P_{qs}^{rs} W_{qs} X_{qsjr}^{DCS} + P_{qsp}^{rps} W_{qsp} X_{qpsjr}^{DCPS}) \quad (2.54)$$

Biaya untuk pendanaan atau pembiayaan dinotasikan sebagai berikut (Harraz dan Galal, 2011):

$$= RF \sum_q \sum_j X_{qj} \quad (2.55)$$

Biaya untuk transportasi dinotasikan sebagai berikut (Harraz dan Galal, 2011):

$$= \sum_j \sum_i \sum_q C_{ji}^e d_{ij} X_{qsji}^{DR} + \sum_i \sum_j * \sum_q C_{ij}^e d_{ij} X_{qsi}^{DR} \quad (2.56)$$

Biaya untuk inspeksi dinotasikan sebagai berikut (Harraz dan Galal, 2011):

$$= \sum_q \sum_j C_q^a X_{qj} \quad (2.57)$$

Biaya untuk *disassembly* dinotasikan sebagai berikut (Harraz dan Galal, 2011):

$$\begin{aligned}
 &= \sum_q \sum_s * \sum_p C_{qsp}^{cps} (\sum_j \sum_d X_{qpsjd}^{DEPS} + \sum_j \sum_r X_{qpsjr}^{DCPS} + \sum_j X_{qpsj}^{DW}) \\
 &+ \sum_q \sum_j \sum_s C_{qs}^{cs} X_{qj} a_{qs} + \sum_q \sum_j \sum_p C_{qp}^{cp} X_{qj} b_{qp}
 \end{aligned} \quad (2.58)$$

Biaya untuk *refurbishing* dinotasikan sebagai berikut (Harraz dan Galal, 2011):

$$= \sum_j \sum_i \sum_q \sum_s C_{qs}^b X_{qsi}^{RD} \quad (2.59)$$

Biaya untuk *disposal* dinotasikan sebagai berikut (Harraz dan Galal, 2011):

$$= \sum_q \sum_j \sum_p C_{qp}^w X_{qpj}^{DW} + C_{qsp}^w X_{qpsj}^{DW} \quad (2.60)$$

Biaya tetap dinotasikan sebagai berikut (Harraz dan Galal, 2011):

$$=\sum_i F_i Y_i^{RE} + \sum_j F_j Y_j^{DA} \quad (2.61)$$

Persamaan (2.24) merupakan vektor untuk diminimasi. Sasaran atau tujuan ekonomis untuk memaksimalkan pendapatan ditunjukkan dengan persamaan (2.25) dan komponen dari persamaan tersebut dijelaskan pada persamaan (2.53) – (2.61). Berat dari part – part yang berasal dari *disassembly* produk dan harus didisposal ditunjukkan pada sasaran kedua (2.26), sementara persamaan (2.27) menunjukkan sasaran ketiga yang merupakan jumlah komponen yang didaur ulang. Permintaan untuk *reuse part*, *assembly part* dan *part* dari *assembly* ditunjukkan dalam persamaan (2.28) - (2.30). Kendala (2.31) dan (2.32) menjelaskan kesesuaian antara jumlah *assembly* yang masuk dan meninggalkan setiap lokasi pengumpulan ke pusat *disassembly* lalu menuju pusat *refurbishing*. Kendala (2.33) – (2.36) menetapkan bahwa struktur hubungan antara produk, *part*, *assembly* dan *part* dari *assembly*. Sementara untuk memastikan bahwa lokasi untuk *refurbishing*, pengumpulan dan *disassembly* tidak dibuka sampai dengan ada pekerjaan untuk melakukan tersebut dijelaskan pada persamaan (2.37) dan (2.38).

Kendala kapasitas untuk masing – masing lokasi *refurbishing* dan masing – masing pusat pengumpulan dan *disassembly* ditunjukkan dengan persamaan (2.39) – (2.40). Persamaan (2.41) – (2.45) menunjukan teknik dan *feasibility* untuk melakukan *reuse*, *refurbishing* atau *recycling* terhadap komponen – komponen kendaraan EOL tersebut. Berdasarkan anggaran yang tersedia, maksimum fasilitas yang dapat dibuka untuk pusat pengumpulan, *disassembly* dan *refurbishing* dijelaskan pada persamaan (2.46) dan (2.47). Sementara persamaan (2.48) menjelaskan paling tidak ada satu lokasi pengumpulan dan *disassembly* yang dibuka. Jumlah ketersediaan kendaraan EOL untuk dipulihkan dijelaskan pada persamaan (2.49). Kemudian variabel keputusan untuk membuka fasilitas dibatasi oleh variabel binier (2.50), sementara persamaan (2.51) dan (2.52) menjelaskan variabel – variabel non negative.

Go et al (2011) melakukan studi literatur terhadap beberapa metode evaluasi untuk *disassembly* dan daur ulang kendaraan untuk mencapai *sustainability* lingkungan dengan beberapa tujuan, yaitu untuk meminimasi

dampak lingkungan, meminimasi biaya terkait dan memaksimalkan tingkat pengembalian. Beberapa formulasi untuk tujuan – tujuan tersebut dinotasikan sebagai berikut:

a) Meminimasi dampak lingkungan

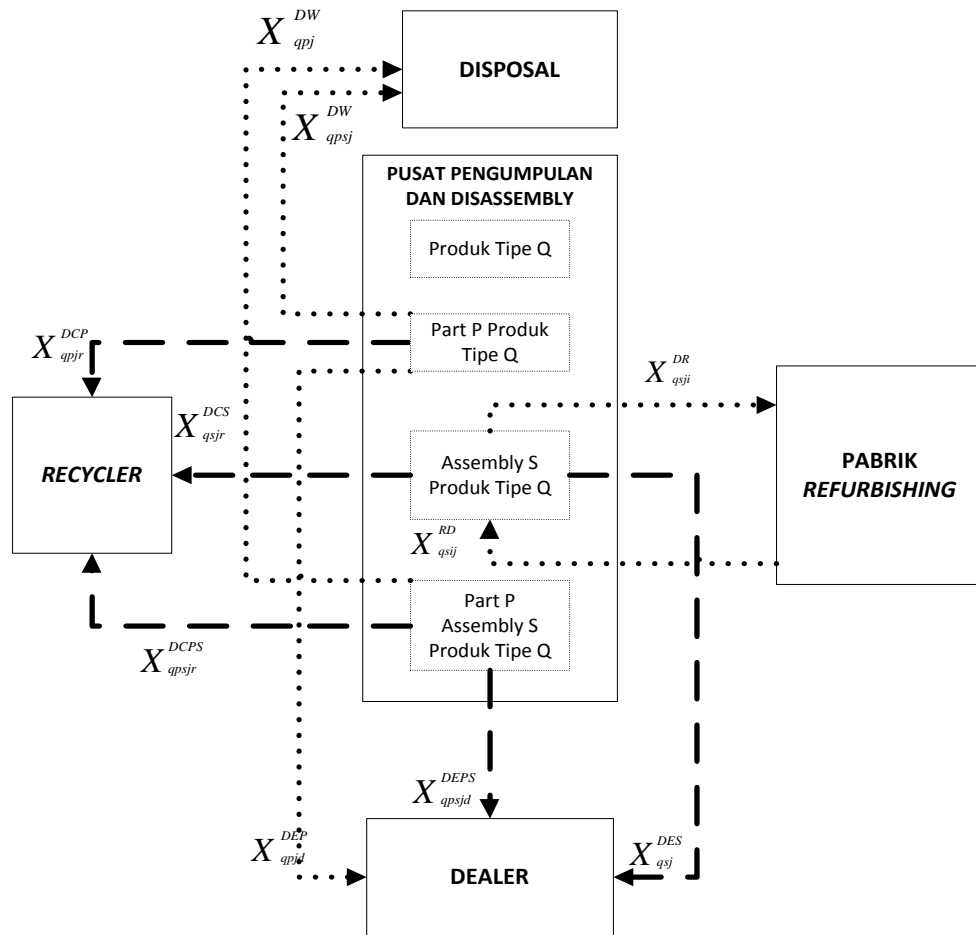
$$\begin{aligned} &Max\left[\sum_{i=1}^{NP} Dampak\ lingkungan\ dari\ proses\ pemulihan\ komponen\ i + \right. \\ &\left. \sum_{j=NP+1}^{NT} Dampak\ Landfill\ dari\ komponen\ i\right] \end{aligned} \quad (2.62)$$

b) Meminimasi biaya proses *disassembly* dan pemulihan kendaraan

$$\begin{aligned} &Max\left[\sum_{i=1}^{NP} (Pendapatan - Biaya\ Disassembly - Biaya\ Pemulihan)_i - \right. \\ &\left. \sum_{j=NP+1}^{NT} Biaya\ Landfill\right] \end{aligned} \quad (2.63)$$

2.6 GAP dan Posisi Penelitian

Dalam model jaringan yang dirancang oleh Harraz dan Galal (2011), fungsi tujuan untuk meminimasi dampak lingkungan dilihat berdasarkan dari jumlah volume atau berat dari komponen atau item yang didaur ulang, belum memperhitungkan dampak lingkungan terhadap emisi CO₂ yang dihasilkan dari aktifitas – aktifitas dalam melakukan pemulihan kendaraan – kendaraan EOL.



Gambar 2.11 Jaringan Pemulihan Kendaraan EOL di Turki (data diperoleh dari Harraz dan Galal, 2011)

Oleh karena itu, untuk melengkapi kekurangan penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya, penelitian ini dilakukan untuk merancang jaringan pemulihan kendaraan dengan menggunakan teknik pengambilan keputusan multi objektif dalam hal ini menggunakan metode *goal Programming*. Dalam melakukan evaluasi metode yang dikembangkan oleh beberapa peneliti sebelumnya, Go et al (2011) mempertimbangkan dampak lingkungan dan biaya dari pemulihan kendaraan.

Sementara Harraz dan Galal (2011) mempertimbangkan keuntungan, jumlah yang didisposal dan jumlah yang didaur ulang. Oleh karena itu, dalam penelitian ini model yang dirancang mempertimbangkan 2 tujuan yang telah dikembangkan oleh Harraz dan Galal (2011) yaitu *profit* dan jumlah yang dipulihkan dan 1 tujuan yang telah dikembangkan oleh Go et al (2011) yaitu

dampak lingkungan dari proses pemulihan kendaraan. Jumlah yang dipulihkan pada penelitian ini dibagi menjadi 2 kategori, yaitu pemulihan yang dilakukan sendiri oleh produsen dan pemulihan yang dilakukan oleh *recycler* melalui penjualan komponen dari produsen kepada perusahaan *recycler*.

Tabel 2.7 GAP Penelitian

Karakteristik Model	Penelitian Terdahulu				Penelitian ini
	Harraz & Galal (2011)	Pati et al (2008)	Go et al (2011)	Simic et al (2013)	Yudi (2015)
FOKUS PENELITIAN					
Merencanakan Lokasi Pengumpulan Produk EOL	V	V			V
Merencanakan Lokasi Pemulihan Produk EOL	V	V			V
Menentukan Strategi Pemulihan Produk yang dipilih	V	V	V	V	V
FUNGSI TUJUAN					
Biaya RL		V			
Net Income	V		V	V	V
Jumlah yang dipulihkan	V	V			V
Jumlah yang didisposal	V				
Jumlah Emisi / Dampak			V		V
Waktu pemulihan			V		
VARIABEL KEPUTUSAN					
Kapasitas pabrik untuk pemulihan produk	V	V		V	V
Kapasitas pusat <i>disassembly</i>	V	V			V

Tabel 2.7 GAP Penelitian (Lanjutan)

Karakteristik Model	Penelitian Terdahulu				Penelitian ini
	Harraz & Galal (2011)	Pati et al (2008)	Go et al (2011)	Simic et al (2013)	Yudi (2015)
Jumlah produk yang masuk pusat <i>disassembly</i>	V	V			V
Jumlah <i>part</i> /produk yang didisassembly	V	V			V
Jumlah <i>part</i> /produk yang dikirim ke pabrik refurbishing/pemulihan	V	V			V
Jumlah <i>part</i> / komponen yang dipulihkan	V	V		V	V
Jumlah <i>part</i> / komponen yang dikirim ke dealer	V				V
Jumlah <i>part</i> / komponen yang didisposal	V	V			V
Jumlah <i>part</i> / komponen yang dikirim ke recycler	V				V
Efisiensi pemulihan				V	
Jumlah Persediaan				V	
KOMPONEN BIAYA					
Biaya investasi pembukaan pabrik refurbishing	V	V			V
Biaya investasi pembukaan lokasi pengumpulan	V	V			V
Biaya inspeksi	V				V
Biaya <i>disassembly</i>	V	V		V	V
Biaya refurbishing.pemulihan	V	V			V

Tabel 2.7 GAP Penelitian (Lanjutan)

Karakteristik Model	Penelitian Terdahulu				Penelitian ini
	Harraz & Galal (2011)	Pati et al (2008)	Go et al (2011)	Simic et al (2013)	Yudi (2015)
Biaya disposal	V	V		V	V
Harga jual <i>part/assembly</i> ke dealer	V			V	V
Harga jual <i>part/assembly</i> ke recycler	V			V	V
Biaya pengembalian produk dari konsumen	V	V			V
Biaya transportasi dari pusat <i>disassembly</i> ke pabrik pemulihan	V	V		V	V
Biaya penyimpanan		V		V	
Biaya transportasi dari pabrik pemulihan ke pabrik manufaktur					V
METODE PENYELESAIAN					
Objective	Multi	Multi	Single	Single	Multi
Teknik penyelesaian	GP	GP	-	Optimasi (CPLEX)	GP

Tabel 2.8 Posisi Penelitian

Tahun	Judul Penelitian	Penulis	Metode / Pendekatan	Objek Assessment
2013	<i>Multi-criteria decision support for sustainability assessment of manufacturing sistem reuse</i>	A.Ziout , A. Azab, S.Altarazi, W.H.ElMaraghy	Teknik Pengambilan keputusan Multikriteria (metode AHP)	Strategi Proses Manufaktur Reuse
2014	<i>Integrating sustainable manufacturing assessment into decision making for a production work cell.</i>	Hao Zhang , Karl R. Haapala	Teknik Pengambilan keputusan Multikriteria (metode Promethee)	Strategi Proses Produksi Work Cell
2013	<i>Investigating improved vehicle dismantling and fragmentation technology</i>	Katja Tasala Gradin, Conrad Luttrupp , Anna Björklund	<i>Life Cycle Analysis (LCA)</i>	Strategi Dismantling Kendaraan EOL
2013	<i>A cost and benefit analysis of future End-of-Life vehicle glazing recycling in France: A sistematic approach</i>	Farel R, Yannou B, Ghaffari A, Leroy Y	<i>Cost Benefit Analysis</i> Sistem Dinamik	Investigasi Biaya Dan Keuntungan Daur Ulang Terhadap Beberapa Strategi
2008	<i>A goal programming model for paper recycling sistem</i>	Rupesh Kumar Pati Prem Vrat Pradeep Kumar	<i>Goal Programming</i>	Daur Ulang Kertas

Tabel 2.8 Posisi Penelitian (Lanjutan)

Tahun	Judul Penelitian	Penulis	Metode / Pendekatan	Objek <i>Assessment</i>
2011	<i>Design of sustainable End-of-Life Vehicle recovery network in egypt</i>	Nermine A.Harraz Noha M.Galal	<i>Goal Programming</i>	Strategi Pemulihan Kendaraan EOL
Penelitian ini	Perancangan Jaringan Pemulihan Kendaraan <i>End Of Life</i> Dengan Pendekatan Teknik Pengambilan Keputusan Multi Kriteria	Peneliti	<i>Goal Programming</i>	Strategi Pemulihan Komponen Kendaraan EOL

BAB 3

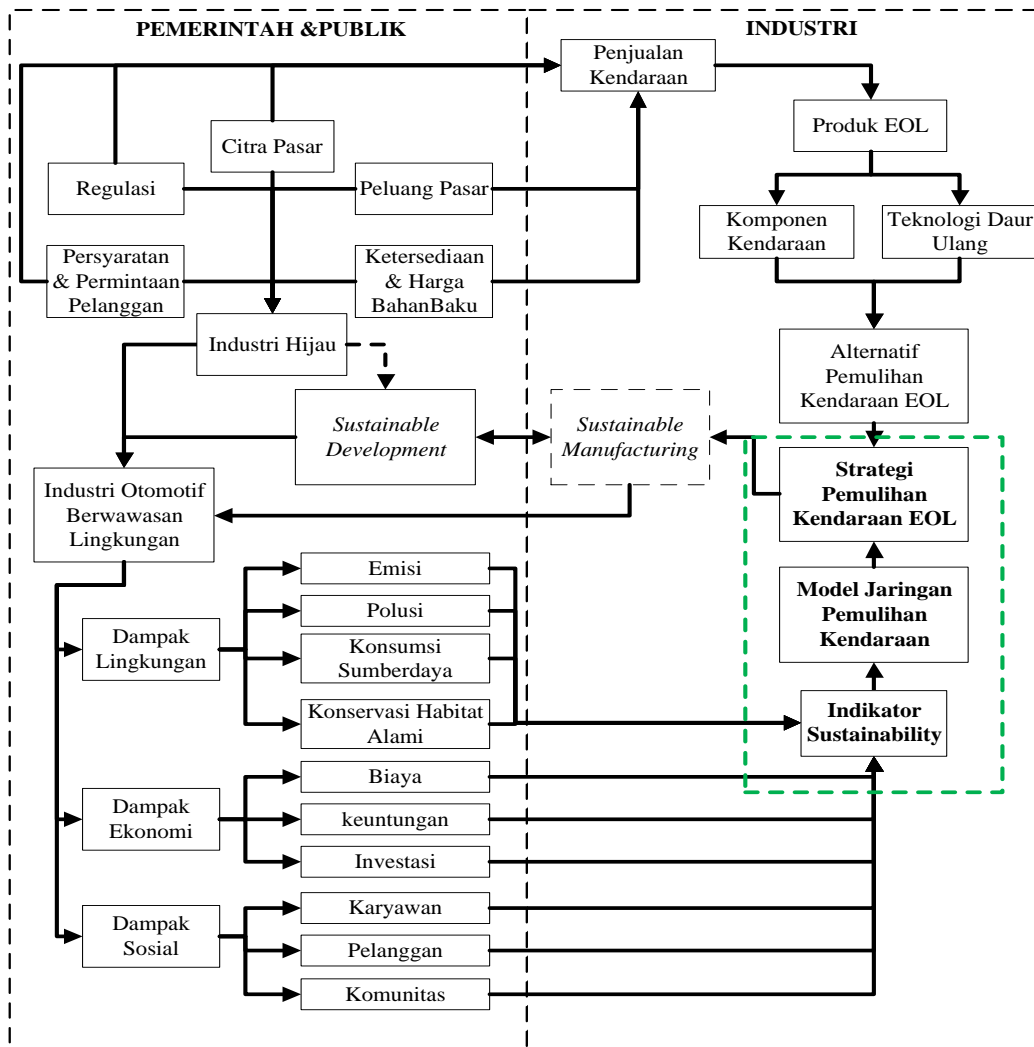
METODOLOGI PENELITIAN

Pada bagian ini dijelaskan mengenai langkah-langkah yang dilakukan pada penelitian tesis ini. Metodologi penelitian diajukan sebagai acuan agar penelitian dapat berjalan secara efektif. Metodologi penelitian ini terdiri dari kerangka pengembangan *framework sustainability assessment* dan tahap – tahap dalam penelitian.

1.1 Kerangka Pengembangan *Framework Sustainability Assessment*

Pada bagian ini digambarkan kerangka berfikir yang menjadi dasar penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini, berikut ini akan dijelaskan alur kerangka berfikir dalam penelitian ini. Kerangka berfikir penelitian ini dilihat dari berbagai sudut pandang, yaitu dari publik atau umum, pemerintahan serta industri. Hal ini menunjukkan bahwa untuk mencapai strategi *sustainable manufacturing* perlu kerjasama dari berbagai pihak.

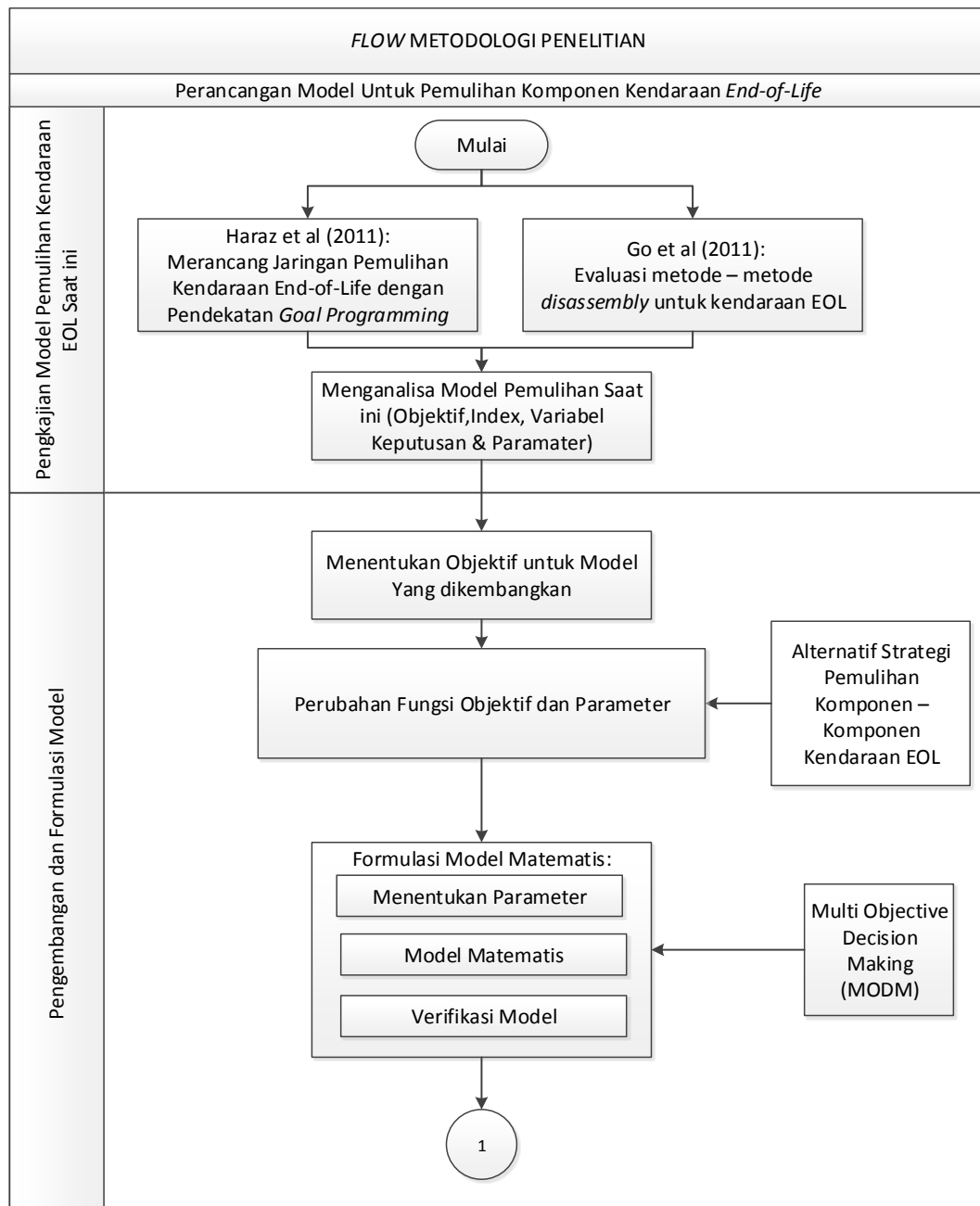
Penelitian yang dilakukan fokus kepada perancangan jaringan pemulihan komponen kendaraan (diberi garis hijau putus – putus). Selanjutnya faktor – faktor yang berpengaruh terhadap pengambilan keputusan ditunjukkan dengan arah panah dalam gambar. Secara rinci kerangka berfikir penelitian ini ditunjukkan dalam Gambar 3.1 pada halaman berikutnya.



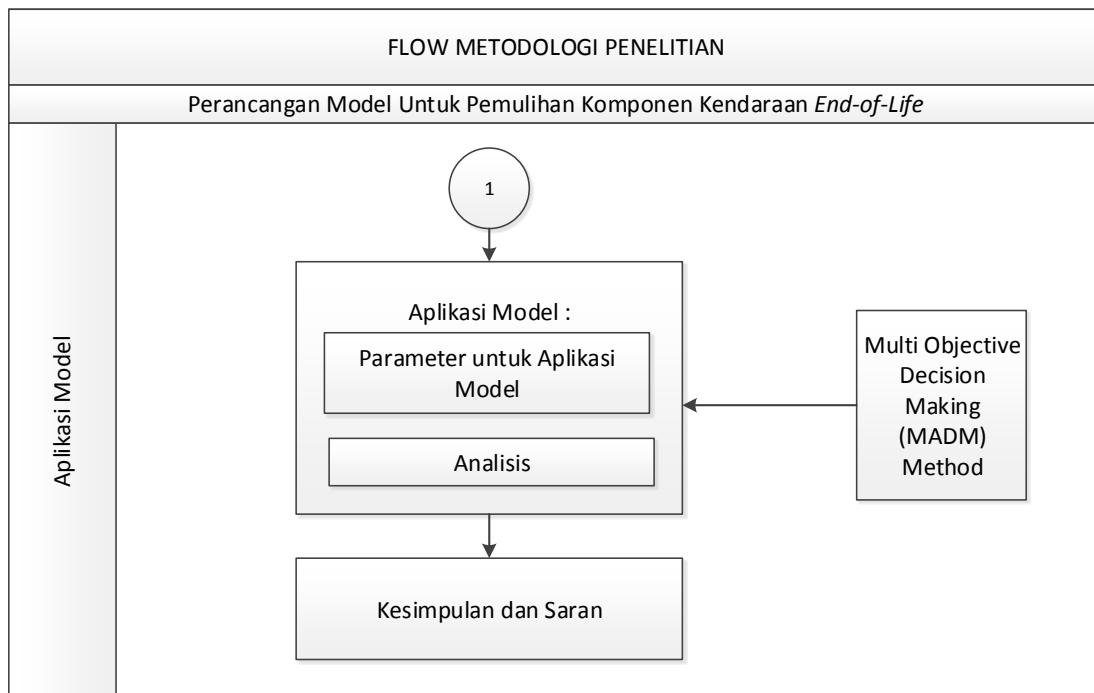
Gambar 3.1 Alur Kerangka Pengembangan *Framework*

1.2 Tahap – Tahap Dalam Penelitian

Pada bagian ini dijelaskan tahap – tahap dalam melakukan penelitian. Langkah – langkah tersebut dijelaskan secara rinci pada Gambar 3.2 halaman berikutnya.



Gambar 3.2 Diagram Alir Metodologi Penelitian



Gambar 3.2 Diagram Alir Metodologi Penelitian (Lanjutan)

Penelitian dilakukan secara induktif, dimana melalui informasi yang diperoleh melalui kajian literatur, peneliti mengembangkan penelitian yang sudah ada. Berikut dijelaskan tahap – tahap penelitian yang sudah dijelaskan dalam *flowchart* sebelumnya:

Menetapkan parameter – parameter yang berpengaruh dalam menentukan strategi pemulihan kendaraan EOL. Dalam tahap ini, peneliti mengidentifikasi faktor – faktor yang mempengaruhi tercapainya tujuan strategi pemulihan produk. Dari identifikasi yang dilakukan, dihasilkan variabel – variabel yang berpengaruh terhadap strategi pemulihan produk yang diteliti.

1. Pengkajian Model Pemulihan Kendaraan EOL Saat Ini

Pada tahap ini dilakukan pengkajian perangkat model yang telah dikembangkan oleh beberapa peneliti diantaranya: Pati et al (2006) yang mengembangkan model sistem daur ulang untuk kertas, Go et al (2011) yang menganalisis metode evaluasi untuk *disassembly* komponen dan Harraz dan Galal (2011) yang merancang jaringan pemulihan kendaraan EOL di Negara Turki.

2. Menentukan Objek Dan Tujuan Dari Rancangan Jaringan Pemulihan Kendaraan EOL

Pada tahap ini, objek dan tujuan dari penelitian sudah harus ditentukan. Objek dan tujuan berpengaruh terhadap model yang dirancang. Berdasarkan pengamatan yang telah dilakukan, maka pada tahap ini dilakukan pengembangan model untuk menentukan jaringan pemulihan komponen kendaraan EOL dengan mempertimbangkan ketiga dimensi *sustainability* yaitu, dimensi ekonomi, lingkungan dan sosial.

3. Formulasi Model Matematis

Pada tahap ini dilakukan penentuan kriteria yang berpengaruh terhadap strategi pemulihan produk berdasarkan dimensi ekonomi, lingkungan dan sosial. Index, parameter dan variabel keputusan yang dipilih berdasarkan hasil tinjauan pustaka dari penelitian – penelitian sebelumnya. Parameter dan variabel keputusan yang digunakan merupakan pengembangan dari parameter dan variabel keputusan yang telah dirancang oleh Pati et al (2006) dalam mengembangkan model untuk merancang sistem daur ulang dan Harraz dan Galal (2011) dalam merancang jaringan pemulihan kendaraan EOL.

Selanjutnya berdasarkan parameter dan variabel keputusan yang telah dipilih, parameter dan variabel tersebut disusun kedalam sebuah model matematis dengan menggunakan metode *goal programming*.

4. Melakukan Uji Validasi Model

Berdasarkan model matematis yang telah dibangun, selanjutnya uji validasi model tersebut dilakukan untuk mengetahui bahwa model yang dirancang tersebut dapat memenuhi tujuan dilakukan penelitian ini.

5. Aplikasi Model

Studi kasus pada produsen kendaraan roda empat dengan observasi langsung untuk pengambilan data dan wawancara kepada tenaga ahli dari produsen X dalam memilih beberapa alternatif strategi yang potensial dan memberikan dampak signifikan terhadap dimensi ekonomi, lingkungan dan sosial. Selanjutnya pemilihan beberapa alternatif pemulihan produk yang dapat diaplikasikan untuk komponen kendaraan yang dijadikan objek penelitian.

Pemilihan komponen yang didaur ulang mempertimbangkan beberapa hal, diantaranya:

- a) Harga atau nilai dari komponen
- b) Umur komponen

Model yang dirancang dapat dijadikan sebagai *framework* dasar dalam pengambilan keputusan dalam menetapkan strategi pemulihan produk. Alternatif strategi pemulihan produk diperoleh melalui observasi dan wawancara dengan *expert* dalam industri otomotif pada tempat penelitian yang dipilih.

BAB 4

PENGEMBANGAN MODEL

Pada Bab ini dijelaskan model untuk perancangan jaringan pemulihan kendaraan *End-of-Life* dengan mempertimbangkan ketiga dimensi *sustainability* menggunakan *goal programming*. Model yang dikembangkan dapat menentukan strategi pemulihan komponen kendaraan yang dipilih dengan mempertimbangkan lokasi pengumpulan, lokasi *disassembly* dan pemulihan kendaraan, kapasitas masing – masing lokasi dan permintaan komponen kendaraan untuk tujuan memaksimalkan *profit* dan jumlah komponen kendaraan yang dipulihkan serta meminimasi dampak lingkungan dari proses pemulihan tersebut.

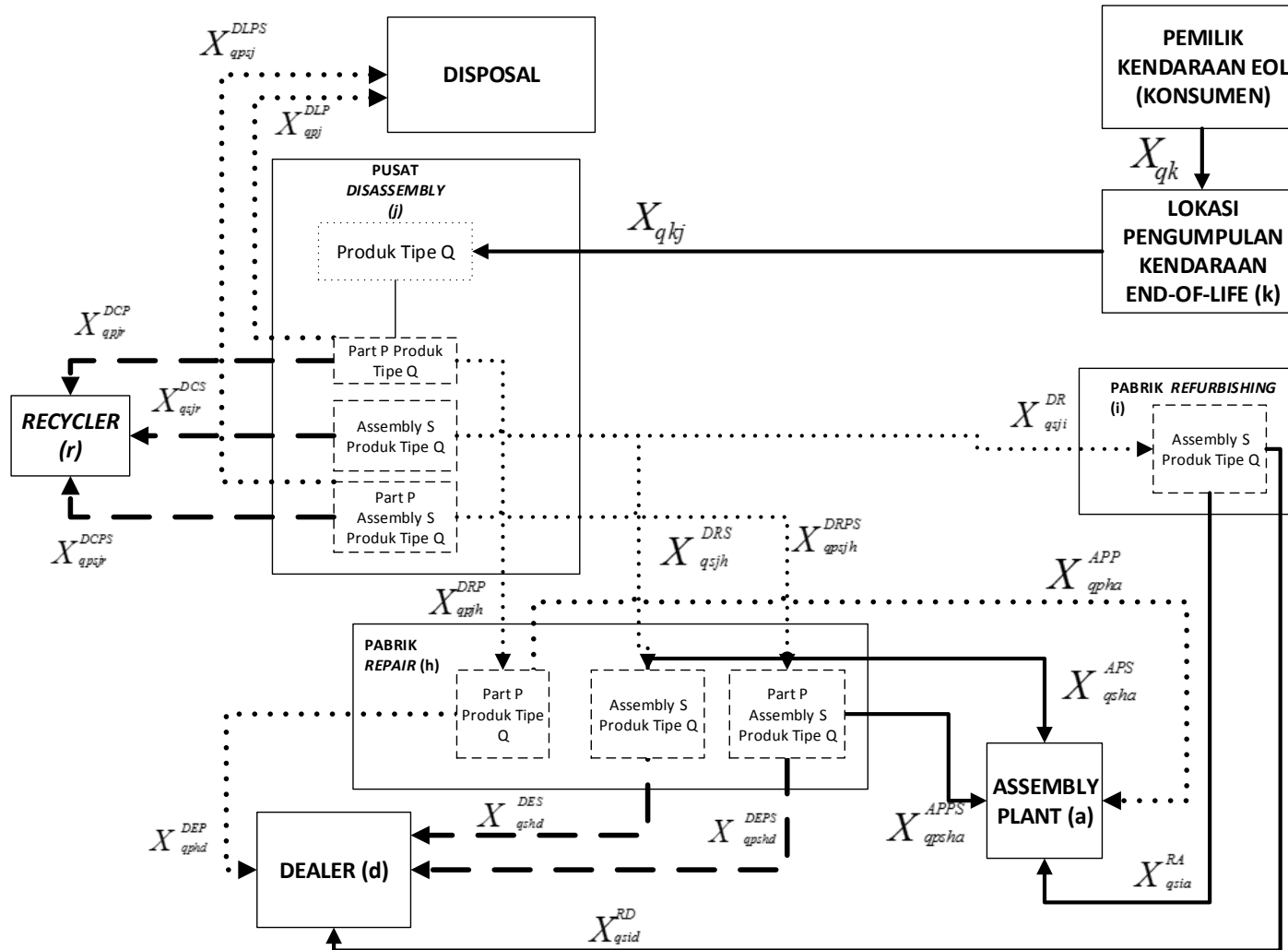
4.1 Deskripsi Pengembangan Model

Pada penelitian ini dikembangkan sebuah model *goal programming* dengan tujuan multi objektif, diantaranya: memaksimalkan *net income*, meminimasi dampak lingkungan dari beberapa alternatif pemulihan kendaraan *end-of-life* dan memaksimalkan jumlah komponen (*part / assy part*) yang dipulihkan.

Go et al (2011) mengkaji salah satu tujuan yang dapat dicapai dari pemulihan kendaraan EOL yaitu mengurangi dampak dari proses pemulihan kendaraan dan penimbunan produk EOL tersebut. Dalam penelitian ini, dampak emisi CO_2 yang dihasilkan dari pemilihan strategi untuk beberapa alternatif pemulihan komponen kendaraan EOL dijadikan sebagai salah satu parameter yang harus diukur. Emisi CO_2 tersebut dihasilkan berdasarkan jumlah bahan bakar dan energi yang digunakan selama proses pemulihan kendaraan EOL dan telah dikonversikan kedalam emisi CO_2 .

Model yang dirancang merupakan pengembangan dari model yang telah dikembangkan oleh Harraz dan Galal (2011). Objektif atau *goal* baru ditambahkan untuk memaksimalkan jumlah komponen yang dipulihkan (termasuk dengan *repair* dan *refurbishing*) oleh produsen dan meminimasi dampak lingkungan. Selain itu, dalam model yang dikembangkan ini, komponen kendaraan yang telah dipulihkan oleh pabrik pemulihan kendaraan dapat dikirimkan kembali ke *assembly plant*

untuk dirakit dengan produk – produk baru berikutnya. Hal tersebut dapat dilakukan ketika permintaan komponen dari dealer telah terpenuhi.



Gambar 4.1 Pengembangan Variabel Keputusan Penelitian

Lokasi pengumpulan kendaraan dipilih berdasarkan lokasi dealer utama dan gudang penyimpanan kendaraan yang sudah tersedia saat ini. Kendaraan dikembalikan oleh konsumen ke lokasi pusat pengumpulan kendaraan (k) dan produsen memberikan kompensasi atau membeli kendaraan EOL tersebut dari konsumen (X_{qk}). Selanjutnya kendaraan EOL dikirim ke lokasi pusat *disassembly* (j) untuk dilakukan *disassembly* komponen dari semua kendaraan yang masuk. Komponen yang telah mengalami *disassembly* tersebut selanjutnya dapat dikirim ke lokasi pemulihan komponen kendaraan untuk *repair* (h) lokasi pemulihan komponen kendaraan untuk *refurbish* (i), dijual kepada *recycler* atau didisposol.

Komponen yang masuk ke lokasi pabrik *repair* dan pabrik *refurbish* selanjutnya dikirim ke lokasi dealer (d) atau *assembly plant* (a). Komponen yang dikirim ke lokasi dealer untuk memenuhi kebutuhan penggantian *spare part* yang rusak atau pembelian langsung oleh konsumen. Sementara komponen yang dikirim ke lokasi *assembly plant* untuk memenuhi kebutuhan produksi pabrik perakitan.

4.2 Formulasi Model

Harraz dan Galal (2011) telah merancang jaringan pemulihan kendaraan *End-of-Life* yang berkelanjutan untuk negara berkembang dengan melakukan studi kasus di Turki dengan tujuan memaksimalkan *profit* dan jumlah komponen yang didaur ulang serta meminimasi dampak lingkungan. Model yang dirancang oleh Harraz dan Galal (2011) belum mempertimbangkan tujuan untuk mengurangi dampak lingkungan seperti emisi CO_2 secara langsung, hanya memperhitungkan jumlah berat (kg) yang didaur ulang. Sementara kandungan emisi CO_2 yang dihasilkan dari penyediaan komponen belum tentu sesuai dengan berat dari komponen tersebut. Selain itu dalam model yang dikembangkan oleh Harraz dan Galal (2011), target yang ingin dicapai adalah memaksimalkan jumlah komponen yang dipulihkan dengan menjual komponen kepada *recycler*, bukan memaksimalkan pemulihan kendaraan yang dapat dilakukan sendiri oleh perusahaan, misalnya *repair* dan *refurbish*.

4.2.1 Notasi Model

Berikut ini notasi yang digunakan dalam model strategi pemulihan kendaraan *End-of-Life* pada penelitian ini:

Index:

- k = lokasi pusat pengumpulan kendaraan *EOL* potensial
 h = lokasi pabrik *repair* komponen kendaraan *EOL* potensial
 i = lokasi pabrik *refurbishing* komponen kendaraan *EOL* potensial
 j = lokasi pabrik *disassembly* komponen kendaraan *EOL* potensial
 r = *recycler*
 a = *assembly plant*
 d = *dealer*
 q = tipe produk
 s = tipe *assembly*
 p = tipe *part*
 l = limbah

Variabel – variable keputusan:

- X_{qk} = jumlah produk tipe q yang masuk ke pusat pengumpulan kendaraan k
 X_{qkj} = jumlah produk tipe q yang masuk ke pusat *disassembly* j melalui k
 X_{qsj} = jumlah *assembly* s produk tipe q di *disassembly* dipusat *disassembly* j
 X_{qsid}^{RD} = jumlah unit dari *assembly* s produk tipe q yang di *refurbishing* di pabrik pemulihan kendaraan i dan dipindahkan ke dealer d
 X_{qsia}^{RD} = jumlah unit dari *assembly* s produk tipe q yang di *refurbishing* di pabrik pemulihan kendaraan i dan dipindahkan ke *assembly plant* a
 X_{qsji}^{DR} = jumlah unit dari *assembly* s produk tipe q yang dipindahkan dari pusat *disassembly* j ke pabrik *refurbishing* i
 X_{qpjh}^{DRP} = jumlah unit dari *part* p produk tipe q yang dipindahkan dari pusat *disassembly* j ke pabrik *repair* i
 X_{qsjh}^{DRS} = jumlah unit dari *assembly* s produk tipe q yang dipindahkan dari pusat *disassembly* j ke pabrik *repair* h
 X_{qpsjh}^{DRPS} = jumlah unit dari *part* p *assembly* s produk tipe q yang dipindahkan dari pusat *disassembly* j ke pabrik *repair* h

X_{qph}^{PP} = jumlah unit dari *part* p produk tipe q yang di *repair* pada pabrik *repair* komponen kendaraan h
 X_{qsh}^{PS} = jumlah unit dari *assembly* s produk tipe q yang di *repair* pada pabrik *repair* komponen kendaraan h
 X_{qpsh}^{PPS} = jumlah unit dari *part* p *assembly* s produk tipe q yang di *repair* pada pabrik *repair* komponen kendaraan h
 X_{qsh}^{DES} = jumlah unit dari *assembly* s produk tipe q yang dipindahkan dari pusat *repair* h ke dealer d
 X_{qphd}^{DEP} = jumlah unit dari *part* p produk tipe q yang dipindahkan dari pusat *repair* h ke dealer d
 X_{qpshd}^{DEPS} = jumlah unit dari *part* p *assembly* s produk tipe q yang dipindahkan dari pusat *repair* h ke dealer d
 X_{qsha}^{APS} = jumlah unit dari *assembly* s produk tipe q yang dipindahkan dari pusat *repair* h ke *assembly plant* AP
 X_{qpha}^{APP} = jumlah unit dari *part* p produk tipe q yang dipindahkan dari pusat *repair* h ke *assembly plant* AP
 X_{qpsha}^{APPS} = jumlah unit dari *part* p *assembly* s produk tipe q yang dipindahkan dari pusat *repair* h ke *assembly plant* AP
 X_{qpjl}^{DLP} = jumlah unit dari *part* p produk tipe q yang berasal dari pusat *disassembly* j untuk disposal
 X_{qpsjl}^{DLPS} = jumlah unit dari *part* p *assembly* s produk tipe q yang berasal dari pusat *disassembly* j untuk disposal
 X_{qsjr}^{DCS} = jumlah unit dari *assembly* s produk tipe q terjual dari pusat *disassembly* j kepada *recycler* r
 X_{qpjr}^{DCP} = jumlah unit dari *part* p produk tipe q terjual dari pusat *disassembly* j kepada *recycler* r
 X_{qpsjr}^{DCPS} = jumlah unit dari *part* p *assembly* s produk tipe q terjual dari pusat *disassembly* j kepada *recycler* r

Parameter:

K_k^{PK} = Kapasitas pengumpulan kendaraan EOL lokasi k

K_h^{RP} = Kapasitas pusat *repair* lokasi h

K_I^{RF} = Kapasitas pabrik *refurbishing* kendaraan lokasi I

K_J^{DA} = Kapasitas pusat *disassembly* lokasi J

d_n^+ = deviasional positif variabel tujuan n

d_n^- = deviasional negatif variabel tujuan n

Y_k^{PK} = Variabel binier mengindikasikan pembukaan pusat pengumpulan kendaraan EOL lokasi k

Y_j^{DA} = Variabel binier mengindikasikan pembukaan pusat *disassembly* lokasi j

Y_i^{RF} = Variabel binier mengindikasikan pembukaan pusat *refurbishing* Komponen kendaraan lokasi i

Y_h^{RP} = Variabel binier mengindikasikan pembukaan pusat *repair* komponen kendaraan lokasi h

a_{qs} = jumlah *assembly* s termasuk per produk type q

b_{qp} = jumlah *part* p termasuk dalam produk type q

f_{ps} = jumlah *part* p termasuk dalam *assembly* s

P_{RL} = aspirasi level untuk *profit*

A_β = tingkat aspirasi jumlah yang dijual untuk daur ulang (dalam kg)

A_γ = tingkat aspirasi jumlah yang dipulihkan (dalam kg)

A_δ = tingkat aspirasi jumlah emisi CO_2 dari proses pemulihan (dalam CO_2 – kg)

W_{qs} = berat *assembly* s dari produk type q (dalam kg)

W_{qp} = berat *part* p dari produk type q (dalam kg)

W_{qps} = berat *part* p dari *assembly* s dari produk q (dalam kg)

B_q = berat produk tipe q (dalam kg)

EL_{qp}^P = emisi CO_2 akibat *landfill part* p produk q (dalam CO_2 – kg)

EL_{qps}^{PS} = emisi CO_2 akibat *landfill part p assembly s* produk q (dalam CO_2 – kg)

EP_{qs}^P = emisi CO_2 proses *repair part* p produk q (dalam CO_2 – kg)
 EP_{qs}^S = emisi CO_2 proses *repair assembly* s produk q (dalam CO_2 – kg)
 EP_{qps}^{PS} = emisi CO_2 proses *repair part* p *assembly* s produk q
(dalam CO_2 – kg)
 EF_{qs} = emisi CO_2 proses *refurbishing assembly* s produk q
(dalam CO_2 – kg)
 ER_{qp}^P = emisi CO_2 proses *recycling part* p produk q (dalam CO_2 – kg)
 ER_{qs}^S = emisi CO_2 proses *recycling assembly* s produk q
(dalam CO_2 – kg)
 ER_{qps}^{PS} = emisi CO_2 proses *recycling part* p *assembly* s produk q
(dalam CO_2 – kg)
 P_{qsd}^{DS} = Permintaan dealer – dealer d untuk *assembly* s produk tipe q
 P_{qpd}^{DP} = Permintaan dealer – dealer d untuk *part* p produk tipe q
 P_{qspd}^{DPS} = Permintaan dealer – dealer d untuk *part* p berasal dari
assembly s produk tipe q
 P_{qsa}^{APS} = Permintaan *assembly plant* AP untuk *assembly* s produk tipe q
 P_{qpa}^{APP} = Permintaan *assembly plant* AP untuk *part* p produk tipe q
 P_{qspa}^{APPS} = Permintaan *assembly plant* AP untuk *part* p berasal dari
assembly s produk tipe q
 P_r^R = Permintaan *recycler* r (dalam kg)
 BT_r^R = Biaya tetap untuk pembukaan sebuah pabrik *pemulihan*
kendaraan pada lokasi i
 BT_j^{DA} = Biaya tetap untuk pembukaan sebuah pusat *diassembly*
pada lokasi j
 BI_q = Biaya inspeksi untuk produk tipe q
 BI_{qs}^S = Biaya inspeksi hasil *refurbishing – repair* untuk *assembly* s
produk tipe q
 BI_{qp}^P = Biaya inspeksi hasil *repair* untuk *part* p produk tipe q
 BI_{qsp}^{PS} = Biaya inspeksi hasil *repair* untuk *part* p *assembly* s produk

tipe q

BR_{qs} = Biaya proses *refurbishing assembly* s dari produk tipe q

BPD_{qs}^s = Biaya proses *disassembly* dari *assembly* s dari produk tipe q

BPD_{qp}^p = Biaya proses *disassembly* dari *part* p untuk produk tipe q

BPD_{qsp}^{ps} = Biaya proses *disassembly* dari *part* p dari *assembly* s untuk
produk tipe q

BR_{qs}^s = Biaya proses *repair* dari *assembly* s dari produk tipe q

BR_{qp}^p = Biaya proses *repair* dari *part* p untuk produk tipe q

BR_{qsp}^{ps} = Biaya proses *repair* dari *part* p dari *assembly* s untuk produk
tipe q

BL_{qp}^w = biaya *disposal part* p dari produk tipe q

BL_{qsp}^w = biaya *disposal part* p dari produk tipe q

H_{qsd}^{DS} = harga jual unit *assembly* s produk tipe q kepada dealer d atau
assy plant a

H_{qpd}^{DP} = harga jual unit *part* p produk tipe q kepada dealer d atau
assy plant a

H_{qpsd}^{DPS} = harga jual unit *part* p *assembly* s produk tipe q kepada dealer d
atau *assy plant a*

H_{qpr}^{RP} = harga jual unit *part* p produk tipe q ke *recycler*

H_{qsr}^{RS} = harga jual unit *assembly* s produk tipe q ke *recycler*

H_{qpsr}^{RPS} = harga jual unit *part* p *assembly* s produk tipe q ke *recycler*

PD = pemberian dana kepada pemilik produk (konsumen)

BTR_{qk} = biaya transportasi unit produk q ke lokasi pengumpulan
kendaraan k

BTR_{qsid} = biaya transportasi unit *assy* s produk q

BTR_{qpid} = biaya transportasi unit *part* p produk q

BTR_{qpsid} = biaya transportasi unit *part* p dari *assy* s produk q

KM_{ji} = jarak antara pusat *disassembly* j dan pabrik *refurbishing* i

M_i^{RF} = jumlah maksimum fasilitas *refurbishing* yang dibuka

M_i^{DA} = jumlah maksimum pusat *disassembly* yang dibuka

M_i^{RP} = jumlah maksimum pusat *repair* yang dibuka

M_k^{PK} = jumlah maksimum pusat pengumpulan kendaraan *EOL*
yang dibuka

$MEOL_q$ = jumlah produk *EOL* maksimum yang tersedia tipe q

α_{qs} = fraksi yang diinginkan dari *assembly* s produk tipe q yang dapat
direfurbishing

α_{qsji} = fraksi yang diinginkan dari *assembly* s produk tipe q yang
dipindahkan dari pusat *disassembly* ke pusat *refurbishing* yang
dapat *direfurbishing*

γ_{qs} = fraksi yang diinginkan dari *assembly* s produk tipe q yang dapat
di *repair*

γ_{qp} = fraksi yang diinginkan dari *part* p produk tipe q yang dapat
di *repair*

γ_{qps} = fraksi yang diinginkan dari *part* p *assembly* s produk tipe q yang
dapat di *repair*

ε_{qs} = *Parameter binary, equal 1* jika *assembly* s tersedia pada
produk tipe q

ε_{qp} = *Parameter binary, equal 1* jika *part* p tersedia pada produk tipe q

ε_{qps} = *Parameter binary, equal 1* jika *part* p tersedia pada *assembly* s
produk tipe q

\emptyset = persentase maksimum dari total berat yang dapat di *recycle*

4.2.2 Formulasi Model

Penyelesaian model *goal programming* dilakukan untuk mendapatkan solusi optimal dalam merancang strategi pemulihan kendaraan *EOL* mempertimbangkan 4 objektif atau *goal*, yaitu meningkatkan keuntungan (*net income*), meminimasi dampak lingkungan (Emisi CO_2), meningkatkan jumlah komponen *part*, *assy part* atau *part* dari *assy part* yang dipulihkan oleh produsen dan meningkatkan jumlah yang didaur ulang atau *recycle* oleh perusahaan rekanan untuk daur ulang.

Semua kendaraan EOL dikembalikan oleh konsumen ke pusat pengumpulan kendaraan (k) dan dikirimkan ke pusat *disassembly* (j) untuk dilakukan pembongkaran menjadi *part*, *assembly part* dan *part* dari *assembly part*. Dari pusat *disassembly*, komponen – komponen tersebut nanti akan dikirimkan ke pabrik *repair* (h), pabrik *refurbishing* (i) dan *recycler* (r) berdasarkan kualitas dari komponen hasil pembongkaran atau *disassembly*. Alternatif strategi pemulihan komponen kendaraan EOL yang dipilih pada model ini terdiri atas, *repair*, *refurbishing* dan dijual kepada *recycler* untuk di-*recycle* (dengan ketentuan sudah ada kerjasama dengan *recycler* tersebut). Alternatif tersebut dipilih berdasarkan alasan karena biaya membuka fasilitas pabrik baru bagi aktifitas – aktifitas pemulihan tersebut tidak memerlukan investasi yang terlalu besar, bahkan untuk *recycling* perusahaan hanya perlu membuka pusat *disassembly* untuk membongkar komponen kendaraan EOL.

Vector pencapaian

Lexicographic minimasi:

$$z = \{d_1^-, d_2^+, d_3^-, d_4^-\} \quad (4.1)$$

4.2.2.1 *Soft Constraint*

Fungsi tujuan dan penjelesan untuk keempat *goal* atau sasaran dijelaskan dalam persamaan berikutnya:

1. **Net Income**

Fungsi tujuan utama dalam perancangan strategi pemulihan kendaraan EOL yang ingin dilakukan adalah memaksimalkan keuntungan (*net income*). Karena untuk mencapai bisnis yang berkelanjutan perusahaan harus memperoleh keuntungan dari setiap aktifitas bisnis yang dilakukan. *Net income* diperoleh melalui pengurangan pendapatan yang diperoleh melalui penjualan komponen yang telah dipulihkan kepada dealer atau *assembly plant* serta penjualan komponen kepada *recycler* dikurangi dengan biaya yang dibutuhkan untuk pendanaan pengembalian produk, transportasi, inspeksi produk dan komponen yang dipulihkan, *disassembly* produk dan komponen *assembly*, proses pemulihan komponen, disposal komponen dan biaya untuk membuka fasilitas yang akan dibuka seperti: pusat *disassembly*, pabrik *refurbishing* dan pabrik *repair*. Fungsi tujuan untuk memaksimalkan keuntungan tersebut dinotasikan sebagai berikut:

$$\text{Net income} + d_1^- - d_1^+ = P_{RL} \quad (4.2)$$

Net income secara rinci diperoleh dengan formula perhitungan dibawah:

$$\begin{aligned} \text{Pendapatan bersih} &= \text{Total Pendapatan} - \text{Total Biaya} \\ \text{Total Pendapatan} &= \text{Pendapatan dari menjual spare part} + \text{Pendapatan dari menjual ke recycler} \\ \text{Total Biaya} &= \text{Pendanaan} + \text{Transportasi} + \text{Inspeksi} + \text{Disassembly} + \\ &\quad \text{Repair} + \text{Refurbish} + \text{Disposal limbah} + \text{Biaya Tetap} \end{aligned}$$

Pendapatan dari penjualan *part* dan *assembly part* kepada dealer dan *assembly plant* ditentukan oleh jumlah unit komponen yang dikirim ke masing – masing lokasi tersebut dan harga jual masing – masing unit komponen, dinotasikan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} &= \sum_q \sum_s \sum_i \sum_d (H_{qsd}^{DS} * X_{qsid}^{RD}) + \sum_q \sum_s \sum_h \sum_d (H_{qsd}^{DS} * X_{qshd}^{DES}) + \\ &\quad \sum_q \sum_p \sum_h \sum_d (H_{qp d}^{DP} * X_{qphd}^{DEP}) + \sum_q \sum_p \sum_s \sum_h \sum_d (H_{qp s d}^{DPS} * X_{qpshd}^{DEPS}) + \\ &\quad \sum_q \sum_s \sum_i \sum_a (H_{qsa}^{AS} * X_{qsia}^{RA}) + \sum_q \sum_s \sum_h \sum_a (H_{qsa}^{HAS} * X_{qsha}^{APS}) + \\ &\quad \sum_q \sum_p \sum_h \sum_a (H_{qpa}^{HAP} * X_{qsha}^{APP}) + \sum_q \sum_p \sum_s \sum_h \sum_a (H_{qpsha}^{HAPS} * X_{qpsha}^{APPS}) \end{aligned} \quad (4.3)$$

Pendapatan dari penjualan material daur ulang kepada *recycler* ditentukan oleh jumlah berat dalam satuan kilogram (kg) dari komponen yang dijual kepada *recycler* dan harga jual per kg dari masing – masing komponen tersebut, dinotasikan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} &= \sum_q \sum_s \sum_j \sum_r (H_{qsr}^{RS} W_{qs} X_{qsjr}^{DCS}) + \sum_q \sum_p \sum_j \sum_r (H_{qpr}^{RP} W_{qp} X_{qpjr}^{DCP}) + \\ &\quad \sum_q \sum_p \sum_s \sum_j \sum_r (H_{qspr}^{RPS} W_{qsp} X_{qpsjr}^{DCPS}) \end{aligned} \quad (4.4)$$

Biaya untuk pendanaan atau pembiayaan merupakan biaya yang diberikan kepada konsumen sebagai kompensasi dari pengembalian kendaraan EOL atau biaya yang harus produsen alokasikan untuk menarik kendaraan EOL dari konsumen, dinotasikan sebagai berikut (Harraz dan Galal, 2011):

$$= PD \sum_q \sum_k X_{qk} \quad (4.5)$$

Biaya untuk transportasi merupakan biaya untuk mengirimkan kendaraan dari pusat pengumpulan kendaraan kepusat *disassembly* dan dari pabrik pemulihan ke dealer atau *assembly plant*, dinotasikan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
&= \sum_q \sum_j \sum_k BTR_{qk} d_{kj} X_{qk} + \sum_q \sum_s \sum_i \sum_d (BTR_{qsid}^D * D_{id} * X_{qsia}^{RD}) + \\
&\sum_q \sum_s \sum_h \sum_d (BTR_{qshd}^{DS} * D_{hd} * X_{qshd}^{DES}) + \sum_q \sum_p \sum_h \sum_d (BTR_{qshd}^{DP} * D_{hd} * \\
&X_{qshd}^{DEP}) + \sum_q \sum_p \sum_s \sum_h \sum_d BTR_{qpshd}^{DPS} D_{hd} X_{qpshd}^{DEPS} + \sum_q \sum_s \sum_i \sum_a (BTR_{qsia}^A * \\
&D_{ia} * X_{qsia}^{RA}) + \sum_q \sum_s \sum_h \sum_a (BTR_{qsha}^{AS} * D_{ha} * X_{qsha}^{APS}) + \\
&\sum_q \sum_p \sum_h \sum_a (BTR_{qpha}^{AP} * D_{ha} * X_{qpha}^{APP}) + \sum_q \sum_p \sum_s \sum_h \sum_a (BTR_{qpsha}^{APS} * D_{ha} * \\
&X_{qpsha}^{APPS}) \tag{4.6}
\end{aligned}$$

Biaya untuk inspeksi merupakan biaya inspeksi produk, proses *repair* dan proses *refurbish*, dinotasikan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
&= \sum_q \sum_j \sum_k BI_{qjk} X_{qjk} + \sum_q \sum_s \sum_j \sum_i BI_{qsj}^S X_{qsji}^{DR} + \sum_q \sum_s \sum_j \sum_h BI_{qsjh}^S X_{qsjh}^{DRS} + \\
&\sum_q \sum_p \sum_j \sum_h BI_{qpjh}^P X_{qpjh}^{DRP} + \sum_q \sum_p \sum_s \sum_j \sum_h BI_{qpshj}^{PS} X_{qpshj}^{DRPS} \tag{4.7}
\end{aligned}$$

Biaya untuk *disassembly* merupakan biaya *disassembly* produk, *assembly part* dan *part* dari *assembly part*, dinotasikan sebagai berikut (Harraz dan Galal, 2011):

$$\begin{aligned}
&\sum_q \sum_s \sum_j \sum_k BPD_{qs}^S * X_{qjk}^Q * a_{qs} + \sum_q \sum_p \sum_j \sum_k BPD_{qp}^P * X_{qjk}^Q * b_{qp} + \\
&\sum_q \sum_p \sum_s \sum_j BPD_{qps}^{PS} * X_{qsk}^S * f_{qps} \tag{4.8}
\end{aligned}$$

Biaya untuk *repair* merupakan biaya melakukan *repair part*, *assembly part* dan *part* dari *assembly part* untuk pengiriman ke *dealer* atau *assembly plant*, dinotasikan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
&\sum_q \sum_s \sum_h \sum_d BR_{qs}^S X_{qshd}^{DES} + \sum_q \sum_s \sum_h \sum_a BR_{qs}^S X_{qsha}^{APS} + \\
&\sum_q \sum_p \sum_h \sum_d BR_{qp}^P X_{qpshd}^{DEP} + \sum_q \sum_p \sum_h \sum_a BR_{qp}^P X_{qpha}^{APP} + \sum_q \sum_p \sum_s \sum_h \sum_d BR_{qps}^{PS} X_{qpshd}^{DEPS} \\
&+ \sum_q \sum_p \sum_s \sum_h \sum_a BR_{qps}^{PS} X_{qpsha}^{APPS} \tag{4.9}
\end{aligned}$$

Biaya untuk *refurbish* merupakan biaya melakukan *refurbish part*, *assembly part* dan *part* dari *assembly part* untuk pengiriman ke *dealer* atau *assembly plant*, dinotasikan sebagai berikut (Harraz dan Galal, 2011):

$$\sum_q \sum_s \sum_i \sum_d BR_{qs} X_{qsid}^{RD} + \sum_q \sum_s \sum_i \sum_a BR_{qs} X_{qsia}^{RA} \tag{4.10}$$

Biaya untuk *disposal* merupakan biaya yang dikeluarkan produsen untuk mengelola limbah atau komponen kendaraan EOL yang harus didisposal, dinotasikan sebagai berikut (Harraz dan Galal, 2011):

$$\sum_q \sum_p \sum_j \sum_l BL_{qp}^P X_{qpjl}^{DL} + \sum_q \sum_p \sum_s \sum_j \sum_l BL_{qps}^{PS} X_{qpjl}^{DL} \tag{4.11}$$

Biaya tetap merupakan biaya yang dikeluarkan produsen untuk membangun fasilitas pusat *disassembly*, pabrik *repair* dan pabrik *refurbish*, dinotasikan sebagai berikut:

$$\sum_h F_h Y_h^{RP} + \sum_i F_i Y_i^{RE} + \sum_j F_j Y_j^{DA} \quad (4.12)$$

2. Minimasi Dampak Lingkungan Dari Alternatif Pemulihan

Fungsi tujuan yang kedua adalah meminimasi dampak lingkungan. Untuk mengetahui berapa besar dampak yang disebabkan oleh alternatif pemulihan komponen kendaraan yang dipilih, perlu diketahui secara langsung dampak dari kegiatan tersebut, misalnya jumlah emisi CO₂ yang dihasilkan selama proses pemulihan dan akibat dari proses pemulihan yang dipilih. Oleh karena itu Go et al (2011) mengevaluasi beberapa metode untuk proses pemulihan, diantaranya untuk meminimasi dampak lingkungan yang diakibatkan. Pada model ini, minimasi dampak lingkungan berupa Kg - CO₂ dari setiap aktifitas pemulihan komponen kendaraan dijadikan *goal* atau sasaran yang kedua dan dinotasikan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} & \text{Emisi CO}_2 + d_2^- - d_2^+ = A_\delta \\ & \sum_p \sum_j ER_{qp}^P x_{qpjr}^{DCP} + \sum_s \sum_j \sum_i ER_{qs}^S x_{qsjr}^{DCS} + \sum_p \sum_s \sum_j ER_{qps}^{PS} x_{qpsjr}^{DCPS} + \\ & \sum_p \sum_h EP_{qp}^P x_{qpjh}^{DRP} + \sum_s \sum_j \sum_h EP_{qs}^S x_{qsjh}^{DRS} + \sum_p \sum_s \sum_h EP_{qps}^{PS} x_{qpsjh}^{DRPS} + \\ & \sum_p \sum_s \sum_i ER_{qps} x_{qsij}^{DR} + \sum_p \sum_j EL_{qp}^P x_{qpj}^{DLP} + \sum_p \sum_s \sum_j EL_{qps}^{PS} x_{qpsj}^{DLPS} + d_2^- - \\ & d_2^+ = A_\delta, \forall_q \in Q, \forall_r \in R, \forall_i \in I \end{aligned} \quad (4.13)$$

Emisi CO₂ tersebut secara rinci dijelaskan dengan formula sebagai berikut:
Dampak Emisi CO₂ = Emisi CO₂ Proses *Disassembly* + Emisi CO₂ Proses *Repair* +
Emisi CO₂ Proses *Refurbish* + Emisi CO₂ Proses *Recycle* + Emisi CO₂ *Landfill*

3. Maksimasi Jumlah Komponen yang Dipulihkan oleh Produsen

Fungsi tujuan yang ketiga adalah untuk memaksimalkan jumlah yang dipulihkan oleh perusahaan sebagai produsen kendaraan yang dijual kepada konsumen. Alternatif pemulihan komponen kendaraan yang dikelola sendiri secara penuh adalah kegiatan *repair* dan *refurbish*. *Repair* dilakukan hanya untuk memperbaiki kondisi *part* atau *assembly part* sehingga tidak membutuhkan biaya yang cukup besar. Sementara *refurbish* hanya dilakukan untuk komponen *assembly* dimana ada part – part tertentu yang harus diganti. Alternatif ini lebih murah dibandingkan untuk melakukan *remanufacturing*. Dalam fungsi tujuan ini,

maksimasi tujuan dilakukan agar perusahaan dapat menyerap tenaga kerja dari wilayah sekitar. Sehingga alternatif yang dipilih telah mempertimbangkan ketiga dimensi *sustainability*, yaitu ekonomi, lingkungan dan sosial. Fungsi untuk memaksimalkan jumlah pemulihan komponen kendaraan dinotasikan sebagai berikut:

Jumlah komponen (*part/assy part*) yang di pulihkan:

Berat komponen yang dipulihkan + $d_3^- - d_3^+ = A_\gamma$

$$\begin{aligned} & \sum_p \sum_h w_{qp} x_{qpjh}^{DRP} + \sum_s \sum_j \sum_i w_{qs} x_{qsji}^{DRS} + \sum_p \sum_s \sum_h w_{qps} x_{qpsjh}^{DRPS} + \\ & \sum_s \sum_j \sum_i w_{qps} x_{qsji}^{DR} + \\ & d_3^- - d_3^+ = A_\gamma, \forall_q \in Q, \forall_h \in h, \forall_i \in I \end{aligned} \quad (4.14)$$

4. **Maksimasi Jumlah Komponen yang Didaur Ulang atau *Recycle* oleh Produsen**

Fungsi tujuan keempat adalah memaksimalkan penjualan komponen hasil *disassembly* kepada *recycler*. Alternatif ini dipertimbangkan karena perusahaan tidak perlu melakukan investasi dengan biaya cukup besar untuk melakukan daur ulang. Selain itu, saat ini sudah ada beberapa perusahaan yang bergerak dalam industri daur ulang dan dapat diminta untuk bekerja sama dalam melakukan pemulihan kendaraan EOL. Fungsi tujuan untuk memaksimalkan jumlah daur ulang dinotasikan sebagai berikut:

Jumlah komponen (*part/ assy part*) yang dijual kepada *recycler*:

Berat part yang dijual untuk *recycler* + $d_4^- - d_4^+ = A_\beta$

$$\begin{aligned} & \sum_p \sum_j w_{qp} x_{qpjr}^{DCP} + \sum_s \sum_j \sum_i w_{qs} x_{qsjr}^{DCS} + \sum_p \sum_s \sum_j w_{qps} x_{qpsjr}^{DCPS} + \\ & d_4^- - d_4^+ = A_\beta, \forall_q \in Q, \forall_r \in R \end{aligned} \quad (4.15)$$

Persamaan (4.1) merupakan vektor untuk diminimasi. Sasaran atau tujuan ekonomis untuk memaksimalkan pendapatan ditunjukkan dengan persamaan (4.2) dan komponen dari persamaan tersebut dijelaskan pada persamaan (4.3) – (4.12). Sasaran untuk meminimasi dampak lingkungan yang disebabkan dari alternatif pemulihan kendaraan dijelaskan dalam persamaan (4.13). Dampak lingkungan yang dimaksud dalam persamaan ini adalah emisi CO_2 yang dihasilkan dari alternatif yang dipilih berdasarkan teknik pemulihan kendaraan yang dipilih. Emisi CO_2 tersebut dihasilkan dari konsumsi energi yang digunakan selama proses

pemulihan, seperti: konsumsi listrik, bahan bakar dan sumber lainnya yang dapat dikonversikan menjadi CO_2 . Sementara persamaan (4.14) dan (4.15) menunjukkan sasaran ketiga dan keempat yang merupakan sasaran untuk memaksimalkan jumlah komponen yang didaur ulang dan dipulihkan.

4.2.2.2 Rigid Constraint

Secara garis besar ada beberapa kendala atau batasan dalam model *goal programming* yang dikembangkan dalam penelitian ini. Berikut kendala – kendala yang dimaksud:

1) Kendala Permintaan

Kendala permintaan ini berkaitan dengan permintaan komponen hasil dari pemulihan komponen kendaraan dari dealer dan *assembly plant*.

$$\sum_i X_{qsid}^{RD} + \sum_h X_{qsjh}^{DRP} \leq \sum_d P_{qs}^{ds}, \forall_q \in Q, \forall_s \in S, \forall_d \in D \quad (4.16)$$

$$\sum_i X_{qsia}^{RA} + \sum_h X_{qsha}^{APS} \leq \sum_a P_{qs}^{APS}, \forall_q \in Q, \forall_s \in S, \forall_a \in A \quad (4.17)$$

$$\sum_h X_{qphd}^{DEP} \leq \sum_d P_{qp}^{DEP}, \forall_q \in Q, \forall_p \in P, \forall_d \in D \quad (4.18)$$

$$\sum_h X_{qpha}^{APP} \leq \sum_a P_{qp}^{APP}, \forall_q \in Q, \forall_p \in P, \forall_a \in A \quad (4.19)$$

$$\sum_h X_{qpshd}^{DEPS} \leq \sum_d P_{qps}^{DEPS}, \forall_q \in Q, \forall_p \in P, \forall_s \in S, \forall_d \in D \quad (4.20)$$

$$\sum_h X_{qpsha}^{APPS} \leq \sum_a P_{qpsa}^{APPS}, \forall_q \in Q, \forall_p \in P, \forall_s \in S, \forall_a \in A \quad (4.21)$$

Permintaan untuk *reuse part*, *assembly part* dan *part* dari *assembly* ditunjukkan dalam persamaan (4.16) – (4.21). Kendala - kendala diatas untuk memastikan bahwa jumlah komponen yang dikirimkan ke dealer dan *assembly plant* (X) sesuai dengan permintaan (P).

2) Kendala Keseimbangan Input – Output

Kendala ini berkaitan dengan jumlah kendaraan yang dikembalikan oleh konsumen ke pusat pengumpulan kendaraan dan dikirim ke pusat *disassembly*. Jumlah komponen yang dipulihkan kemudian dikirim ke dealer atau *assembly plant* dan jumlah tersebut harus sesuai dengan jumlah kendaraan yang dikembalikan oleh konsumen, termasuk jumlah komponen yang dijual kepada *recycler*.

$$\sum_j X_{qsji}^{DR} \leq \sum_d X_{qsid}^{RD} + \sum_a X_{qsia}^{RA}, \forall_q \in Q, \forall_s \in S, \forall_i \in I \quad (4.22)$$

$$\sum_j X_{qsjh}^{DRS} \geq \sum_d X_{qshd}^{DES} + \sum_a X_{qsha}^{APS}, \forall_q \in Q, \forall_s \in S, \forall_h \in H \quad (4.23)$$

$$\sum_j X_{qpjh}^{DRP} \geq \sum_d X_{qphd}^{DEP} + \sum_a X_{qpha}^{APP}, \forall_q \in Q, \forall_p \in P, \forall_h \in H \quad (4.24)$$

$$\sum_j X_{qpsjh}^{DRPS} \geq \sum_d X_{qpShd}^{DEPS} + \sum_a X_{qpsha}^{APPS}, \forall_q \in Q, \forall_p \in P, \forall_s \in S, \forall_h \in H \quad (4.25)$$

$$\sum_j X_{qjk} * a_{qs} = \sum_i X_{qsji}^{DR} + \sum_h X_{qsjh}^{DRS} + \sum_r X_{qsjr}^{DCS} + X_{qsj} \quad \forall_q \in Q, \forall_s \in S, \forall_j \in J \quad (4.26)$$

$$\sum_k X_{qjk} * b_{qp} = \sum_l X_{qpjl}^{DLP} + \sum_h X_{qpjh}^{DRP} + \sum_r X_{qpjr}^{DCP} + X_{qsj} \quad \forall_q \in Q, \forall_p \in P, \forall_j \in J \quad (4.27)$$

$$X_{qsj} * f_{pps} = \sum_l X_{qsji}^{DLPS} + \sum_h X_{qpsjh}^{DRPS} + \sum_r X_{qpsjr}^{DCPS} + X_{qsj} \quad \forall_q \in Q, \forall_p \in P, \forall_s \in S, \forall_j \in J \quad (4.28)$$

$$\sum_j X_{qjk}^Q \leq X_{qk}, \forall_q \in Q, \forall_k \in K \quad (4.29)$$

Kendala (4.22) – (4.29) menjelaskan bahwa jumlah *part*, *assembly part* dan *part* dari *assembly* yang masuk kedalam lokasi pengumpulan, *disassembly* dan pusat pemulihan memiliki kendala keseimbangan antara *input* dan *output*. Kendala (4.26) – (4.29) menetapkan bahwa struktur hubungan antara produk, *part*, *assembly* dan *part* dari *assembly*.

3) Kendala Pembukaan Fasilitas Pengumpulan Dan Pemulihan Kendaraan

Kendala pembukaan fasilitas berkaitan dengan kebutuhan masing – masing wilayah dimana kendaraan – kendaraan tersebut banyak didistribusikan. Sehingga dengan pertimbangan kedekatan jarak dan ketersediaan produk EOL pada wilayah tersebut, fasilitas – fasilitas untuk aktifitas pemulihan komponen kendaraan EOL perlu untuk dibangun atau dibuka. Kendala tersebut dinotasikan sebagai berikut:

$$\sum_q \sum_k X_{qjk} \geq Y_j^{DA}, \forall_j \in J \quad (4.30)$$

$$\sum_q \sum_s \sum_j X_{qsji}^{DR} \geq Y_i^{RF}, \forall_i \in I \quad (4.31)$$

$$\sum_q \sum_s \sum_j X_{qsjh}^{DRS} + \sum_q \sum_p \sum_j X_{qpjh}^{DRP} + \sum_q \sum_p \sum_s \sum_j X_{qpsjh}^{DRPS} \geq Y_h^{RP}, \forall_h \in H \quad (4.32)$$

Untuk memastikan bahwa lokasi untuk *refurbishing*, pengumpulan dan *disassembly* tidak dibuka sampai dengan ada pekerjaan untuk melakukan tersebut dijelaskan pada persamaan (4.30) - (4.32).

4) Kendala Kapasitas

Kendala kapasitas berkaitan dengan jumlah ketersediaan kapasitas untuk masing – masing fasilitas terutama untuk pusat *disassembly*, pabrik *repair* dan pabrik *refurbish*. Ketiga kapasitas ini ditentukan berdasarkan waktu yang tersedia

untuk masing – masing fasilitas mengerjakan setiap aktifitas terkait pemulihan komponen kendaraan EOL.

$$\sum_q \sum_k X_{qjk} * t_{qjk}^{DA} \leq Y_j^{DA} K_j^{DA}, \forall_j \in J \quad (4.33)$$

$$\sum_q \sum_s \sum_j X_{qsji}^{DR} * t_{qsi}^{RF} \leq Y_i^{RF} K_i^{RF}, \forall_i \in I \quad (4.34)$$

$$\sum_q \sum_s \sum_j X_{qsjh}^{DRP} * t_{qsh}^{RP} + \sum_q \sum_p \sum_j X_{qpjh}^{DRP} * t_{qph}^{RS} + \sum_q \sum_p \sum_s \sum_j X_{qpsjh}^{DRP} * t_{qph}^{RPS} \leq Y_h^{RP} K_h^{RP}, \forall_h \in h \quad (4.35)$$

Kendala kapasitas untuk masing – masing lokasi *refurbishing* dan masing – masing pusat pengumpulan dan *disassembly* ditunjukkan dengan persamaan (4.33) – (4.35). Kendala ini dibatasi oleh jam kerja (mesin atau manusia) yang tersedia untuk melakukan proses *disassembly* (4.33), proses *refurbish* (4.34) dan proses *repair* (4.35).

5) Kendala Kemampuan Pemulihan Dilakukan

Setelah produk mengalami proses *disassembly* menjadi *part*, *assembly part* dan *part dari assembly part*, alternatif pemulihan komponen dapat dilakukan berdasarkan kualitas dari hasil komponen setelah *didisassembly*. Kendaraan – kendaraan yang dikembalikan dari konsumen pada umumnya merupakan kendaraan berumur lebih dari 15 tahun, sehingga perlu dilakukan pemeriksaan terhadap kualitas untuk memilih alternatif strategi pemulihan kendaraan. Kendala tersebut dijelaskan dengan notasi sebagai berikut:

$$\sum_i X_{qsji}^{DR} \leq \alpha_{qs} a_{qs} \sum_k X_{qjk}, \forall_q \in Q, \forall_s \in S, \forall_j \in J \quad (4.36)$$

$$\sum_h X_{qsjh}^{DRS} \leq \gamma_{qs} a_{qs} \sum_k X_{qjk}, \forall_q \in Q, \forall_s \in S, \forall_j \in J \quad (4.37)$$

$$\sum_h X_{qpjh}^{DRP} \leq \gamma_{qp} b_{qp} \sum_k X_{qjk}, \forall_q \in Q, \forall_p \in P, \forall_j \in J \quad (4.38)$$

$$\sum_h X_{qpsjh}^{DRPS} \leq \gamma_{qps} f_{qps} \sum_k X_{qsj}, \forall_q \in Q, \forall_p \in P, \forall_s \in S, \forall_j \in J \quad (4.39)$$

$$\sum_s \sum_r W_{qs} X_{qsjr}^{DCS} + \sum_p \sum_r W_{qp} X_{qpjr}^{DCP} + \sum_p \sum_s \sum_r W_{qps} X_{qpsjr}^{DCPS} \leq \emptyset W_q X_{qj}, \forall_q \in Q, \forall_j \in J \quad (4.40)$$

Persamaan (4.36) – (4.40) menunjukan teknik dan *feasibility* untuk melakukan *reuse*, *refurbish* atau *recycle* komponen – komponen kendaraan EOL tersebut. Kemampuan untuk melakukan proses *refurbish* dideskripsikan dengan persamaan (4.36), kemampuan untuk melakukan proses *repair* dideskripsikan

kedalam persamaan (4.37) – (4.39) dan kemampuan untuk melakukan *recycle* dideskripsikan dengan persamaan (4.40).

6) Kendala Keterbatasan Jumlah Fasilitas

Kendala keterbatasan jumlah fasilitas ini berkaitan dengan keterbatasan modal yang dimiliki oleh perusahaan untuk membuka masing – masing fasilitas, diantaranya: fasilitas *disassembly*, pabrik *repair* dan pabrik *refurbish*. Kendala tersebut dinotasikan sebagai berikut:

$$\sum_j Y_j^{DA} \leq M_j^{DA}, \forall_j \in J \quad (4.41)$$

$$\sum_i Y_i^{RF} \leq M_i^{RF}, \forall_i \in I \quad (4.42)$$

$$\sum_h Y_h^{RP} \leq M_h^{RP}, \forall_h \in h \quad (4.43)$$

$$\sum_j Y_j^{DA} \leq 1, \forall_j \in J \quad (4.44)$$

$$\sum_i Y_i^{RF} \leq 1, \forall_i \in I \quad (4.45)$$

$$\sum_h Y_h^{RP} \leq 1, \forall_h \in h \quad (4.46)$$

Berdasarkan anggaran yang tersedia, maksimum fasilitas yang dapat dibuka untuk pusat pengumpulan, *disassembly* dan *refurbish* dijelaskan pada persamaan (4.41) - (4.43). Sementara persamaan (4.44) - (4.46) menjelaskan paling tidak ada satu lokasi pengumpulan dan *disassembly* yang dibuka.

7) Kendala Ketersediaan Produk EOL

Kendala ini berkaitan dengan jumlah maksimal kendaraan EOL yang tersedia untuk dikirim ke pusat *disassembly* kendaraan. Dinotasikan sebagai berikut:

$$\sum_k X_{qk} \leq MEOL_{qj}, \forall_q \in Q \quad (4.47)$$

8) Kendala Binier

Kendala ini untuk menjelaskan bahwa pembukaan fasilitas dinotasikan dengan angka 1, sementara lainnya dengan angka 0. Dinotasikan sebagai berikut:

$$Y_h^{RP}, Y_i^{RF}, Y_j^{DA} \in \{0,1\} \quad \forall_{i,j,k} \quad (4.48)$$

9) Kendala Non-Negativity

$$X_{qj} X_{qsji}^{DR} X_{qsia}^{RD} X_{qsia}^{RA} X_{qpjh}^{DRP} X_{qsjh}^{DRS} X_{qpsjh}^{DRPS} X_{qsha}^{APS} X_{qpha}^{APP} X_{qpsha}^{APPS} X_{qshd}^{DES} X_{qpsjd}^{DEPS} X_{qphd}^{DEP} X_{qpj}^{DL} \\ X_{qpsj}^{DL} X_{qsjr}^{DCS} X_{qpsjr}^{DCPS} X_{qpjr}^{DCP} \geq 0 \quad (4.50)$$

$$d_1^+, d_1^-, d_2^+, d_2^-, d_3^+, d_3^- \geq 0 \quad (4.51)$$

Persamaan (4.50) dan (4.51) menjelaskan variabel – variabel non negatif.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 5

APLIKASI MODEL DAN ANALISIS

Pada bagian ini dilakukan uji validasi dan aplikasi model untuk merancang strategi pemulihan komponen kendaraan EOL pada produsen X. Hal ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh perubahan parameter terhadap variabel keputusan dalam strategi pemulihan kendaraan *end-of-life*, jumlah keuntungan yang dapat diperoleh, dampak lingkungan (emisi CO_2) yang dihasilkan, jumlah berat komponen yang dapat dipulihkan oleh produsen dan jumlah berat komponen yang dijual kepada *recycler*.

5.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui observasi pada produsen Z sebagai perusahaan otomotif yang cukup besar di Indonesia, dimana objek penelitian yang dipilih adalah komponen – komponen X dari produk Y. Komponen – komponen X yang dipilih adalah *battery*, *speedometer* dan *motor assembly*. Komponen tersebut dipilih karena kemampuan pemulihan komponen yang dapat di *repair*, *refurbish* atau *recycle*. Sementara produk Y dipilih karena produk tersebut merupakan produk yang paling lama beredar dipasaran dan menguasai penjualan pada segmen produk tersebut.

5.1.1 Pemilihan Lokasi, Produk dan Komponen untuk Pemulihan

Dengan melakukan observasi pada beberapa media *online* tentang kawasan industri dan penjualan kendaraan produk Y, dipilih beberapa alternatif lokasi yang memiliki potensi sebagai lokasi pengumpulan kendaraan EOL, lokasi pusat *disassembly*, lokasi pabrik *repair* dan lokasi pabrik *refurbish*. Pemilihan lokasi tersebut berdasarkan observasi pada beberapa sumber yang menyatakan bahwa untuk kawasan Pulau Jawa, penjualan dikuasi oleh daerah-daerah perniagaan, diantaranya Sidoarjo dan Cirebon. Tangerang dipilih untuk mewakili kawasan Banten dan Surakarta untuk mewakili kawasan Jawa Tengah. Lokasi Majalengka, Mojokerto dan Demak dipilih karena lokasi tersebut merupakan kawasan industri yang saat ini sedang dikembangkan dan merupakan solusi yang

potensial untuk investasi karena UMK yang masih cukup rendah dibandingkan kawasan lain.

Tabel 5.1 Lokasi Pengumpulan Kendaraan Dan Pemulihan Kendaraan

Lokasi Pengumpulan (k)	Lokasi <i>Disassembly</i> (j), <i>Repair</i> (h) dan <i>Refurbish</i> (i)
Tangerang	Majalengka – Jawa Barat
Cirebon	
Surakarta	Demak – Jawa Tengah
Sidoarjo – Jawa timur	Mojokerto – Jawa Timur

Sementara informasi untuk komponen – komponen yang akan dijadikan objek untuk aplikasi model dijelaskan dalam Tabel 5.2 pada bagian berikutnya.

Tabel 5.2 Komponen Produk (Q) Untuk Komponen *Assembly* (S) Dan Part (P) Kendaraan EOL Yang Dipulihkan

Kategori Item	No Komp	Komponen Assy (s) & Part (p)	No Part	Part Name (p) dari komp assy (s)	QTY	Standar Weight (Kg)		
						Assy	Assy	Part/ Assy
<i>Part (p)</i>	1	<i>BATTERY</i>	1	<i>BATTERY ASSY</i>	1	9.6	0	0
	2	<i>SPEEDOMETER</i>	1	<i>SPEEDOMETER ASSY, COMB</i>	1	0.7	0	0
<i>Assembly Part (s)</i>	1	<i>MOTOR ASSY</i>	1	<i>MOTOR ASSY, STARTING</i>	1	0	8.448	2.650
			2	<i>SWITCH ASSY, IGNITION</i>	1	0		0.217
			3	<i>COVER ASSY, CLUTCH</i>	1	0		3.771
			4	<i>YOKE ASSY</i>	1	0		0.460
			5	<i>MOTOR & BRKT ASSY, WIPER</i>	1	0		1.350

5.1.2 Parameter untuk Aplikasi Model

Untuk menguji model yang telah dikembangkan, dilakukan uji validasi dengan melakukan aplikasi model dengan beberapa data yang dikumpulkan melalui observasi dan *parameter setting* yang telah ditentukan. Satu jenis mobil *pick up* dengan komponen – komponen yang potensial untuk dipulihkan dipilih sebagai objek dalam studi kasus penelitian ini. Produk yang diteliti memiliki struktur komponen sebagai berikut:

- 1) Parameter Kondisi Pengumpulan Kendaraan EOL, Pusat *Disassembly* Dan Pusat Pemulihan Kendaraan.

Parameter ini menjelaskan jarak antara lokasi pengumpulan kendaraan (k) dengan lokasi untuk melakukan *disassembly* (j) dan biaya untuk investasi atau modal yang dibutuhkan untuk membuka pusat *disassembly*, pabrik *repair* dan pabrik *refurbish* pada masing – masing alternatif lokasi yang dipilih. Jarak antara lokasi pabrik pemulihan komponen kendaraan (pabrik *repair* dan *refurbish*) ke lokasi dealer setara dengan jarak antara lokasi pengumpulan kendaraan ke lokasi pusat *disassembly*, secara rinci jarak antara lokasi tersebut dijelaskan dalam Tabel 5.3 dibawah.

Tabel 5.3 Jarak Antara Lokasi Pengumpulan Kendaraan EOL Dengan Lokasi *Disassembly*

		Lokasi <i>Disassembly</i> (j)		
		1	2	3
No.	Lokasi Pengumpulan Kendaraan EOL (k)	Majalengka	Demak	Mojokerto
1	Tangerang	280	501	745
2	Cirebon	58	252	505
3	Surakarta	358	127	205
4	Sidoarjo	622	345	45
	Lokasi Assembly Plant (a)			
1	Cikarang	200	360	600

Sumber: <https://www.google.co.id/Maps>

Pembukaan fasilitas pemulihan kendaraan EOL untuk proses *disassembly*, proses *repair* dan proses *refurbish* membutuhkan sejumlah biaya untuk investasi awal, biaya tersebut ditentukan dalam tabel 5.4 dibawah.

Tabel 5.4 Parameter Biaya Pembukaan Pusat *Disassembly* dan Pabrik Pemulihan

No	Lokasi (i)	Biaya Pembukaan		
		Pusat <i>Disassembly</i> (BT_j^{DA})	Pabrik <i>Repair</i> (BT_i^{RP})	Pabrik <i>Refurbish</i> (BT_i^{RF})
1	Majalengka	3,200,000	6,000,000	7,000,000
2	Demak	3,200,000	5,680,000	6,200,000
3	Mojokerto	4,000,000	6,800,000	7,500,000

2) Parameter Kapasitas masing – masing Fasilitas Pemulihan Komponen Kendaraan

Parameter ini menjelaskan kapasitas untuk masing – masing lokasi pengumpulan kendaraan dan kapasitas untuk setiap fasilitas untuk aktifitas pemulihan komponen kendaraan, seperti: kapasitas pusat *disassembly* dan kapasitas pabrik pemulihan komponen kendaraan EOL yang sudah dikonversikan kedalam satuan waktu (menit).

Tabel 5.5 Parameter Kapasitas Masing-Masing Lokasi Pusat Pengumpulan Kendaraan EOL

No.	Lokasi	Kapasitas Kendaraan (K_k^{PK})
1	Tangerang	150
2	Cirebon	150
3	Surakarta	150
4	Sidoarjo	150

Masing – masing pusat pemulihan kendaraan EOL memiliki keterbatasan kapasitas proses produksi yang dijelaskan dalam Tabel 5.6 dalam satuan unit dan dalam Tabel 5.7 dalam satuan waktu (menit).

Tabel 5.6 Parameter Kapasitas *Disassembly*, *Repair* Dan *Refurbish* Komponen *Assembly Part*

		Kapabilitas <i>Disassembly</i> (J)			Kapabilitas <i>Repair</i> (h)			Kapabilitas <i>Refurbish</i> (I)		
LOKASI		<i>Part</i>	<i>Assy Part</i>	<i>Part From Assy</i>	<i>Part</i>	<i>Assy Part</i>	<i>Part From Assy</i>	<i>Part</i>	<i>Assy Part</i>	<i>Part From Assy</i>
1	Majalengka	0	60	0	100	50	200	0	60	0
2	Demak	0	60	0	100	50	150	0	60	0
3	Mojokerto	0	60	0	150	60	200	0	60	0

Dalam Tabel 5.7 dibawah, kapasitas produksi telah dikonversikan dalam satuan menit jam kerja yang tersedia untuk melakukan masing – masing proses pemulihan kendaraan EOL.

Tabel 5.7 Parameter Kapasitas (Menit) *Disassembly*, *Repair* Dan *Refurbish* Komponen *Assembly Part*

		Kapabilitas (Menit)		
LOKASI (j)		<i>Disassembly</i> (K_j^{DA})	<i>Repair</i> (K_h^{RP})	<i>Refurbish</i> (K_l^{RF})
1	Majalengka	2,600	3,100	1,800
2	Demak	2,200	2,800	1,800
3	Mojokerto	2,600	3,600	1,800

3) Parameter Rasio Alternatif Pemulihan Komponen Kendaraan EOL.

Parameter rasio untuk masing – masing komponen dan alternatif pemulihan komponen kendaraan EOL ditentukan dari hasil observasi dan wawancara berdasarkan histori penggantian komponen kendaraan. Hal tersebut dilakukan karena belum tersedianya data yang akurat tentang rasio kemampuan pemulihan untuk masing – masing komponen kendaraan berdasarkan alternatif pemulihan komponen kendaraan EOL yang dipilih. Dan dari hasil observasi tersebut diperoleh hasil bahwa *battery* merupakan komponen yang sering diganti karena umurnya yang lebih pendek dari komponen lain, sehingga rasio untuk proses *repair* lebih tinggi dari komponen lain. Sementara komponen lain seperti *Speedometer* dan *Motor Assy* lebih berumur panjang. Karena umur *Motor assy* yang cukup panjang, maka kemungkinan pada saat kendaraan EOL dikembalikan kepada produsen, kondisi beberapa komponen atau partnya perlu diganti. Oleh karena itu,

rasio untuk pemulihan dengan teknik *refurbish* lebih tinggi dari teknik *repair*. Sedangkan *recycle* memiliki rasio yang paling tinggi, karena *recycler* akan mendaur ulang komponen menjadi produk lain. *Recycler* dapat menerima kondisi komponen dengan kualitas yang tidak terlalu baik.

Tabel 5.8 Parameter Rasio Pemulihan Komponen untuk Masing – Masing Alternatif Pemulihan

Komponen Assy (s) & Part (p)	Part Name (p) dari komp Assy (s)	Fraksi yang Diinginkan				
		Refurbish	Repair			Recycle
			Part	Assy	Part/ Assy	
BATTERY	BATTERY ASSY	-	0.4	-	-	0.6
SPEEDOMETER	SPEEDOMETER ASSY, COMB	-	0.3	-	-	
MOTOR ASSY	MOTOR ASSY, STARTING	0.3	-	0.2	0.2	
	SWITCH ASSY, IGNITION		-		0.2	
	COVER ASSY, CLUTCH		-		0.2	
	YOKE ASSY		-		0.2	
	MOTOR & BRKT ASSY, WIPER		-		0.2	

Rasio untuk masing – masing alternatif pemulihan dapat ditentukan berdasarkan kualitas komponen dari hasil proses *disassembly*. Alternatif teknik *repair* memiliki rasio yang lebih kecil dari alternatif lain, seperti teknik *refurbish* dan *recycle* karena dibutuhkan komponen – komponen dengan kualitas yang baik untuk *direpair*, selanjutnya ketika perlu ada pergantian salah satu part, komponen dapat *direfurbish*. Akan tetapi jika kondisi komponen tidak memungkinkan untuk diperbaiki, maka komponen harus dijual kepada *recycler* atau *didisposal*.

- 4) Parameter Biaya *Disassembly*, Biaya Inspeksi, Biaya Transportasi dan Biaya Pemulihan Komponen Kendaraan EOL

Parameter ini untuk memberikan informasi tentang biaya – biaya yang dibutuhkan untuk melakukan *disassembly*, inspeksi hasil pemulihan komponen, biaya transportasi dan biaya pemulihan kendaraan.

Tabel 5.9 Parameter Biaya *Disassembly* Komponen Kendaraan EOL

Kategori Item	No Komp	Komponen Assy (s) & Part (p)	No Part	Part Name (p) dari komp Assy (s)	QTY	Biaya <i>Disassembly</i>		
						Part (BPD_{qp}^p)	Assy (BPD_{qs}^s)	Part / Assy (BPD_{qsp}^{ps})
Part (p)	1	BATTERY			1	8,500		
	2	SPEEDOMETER			1	12,190		
Assembly Part (s)	1	MOTOR ASSY	1	MOTOR ASSY, STARTING	1		24,437	5,620
			2	SWITCH ASSY, IGNITION	1			10,280
			3	COVER ASSY, CLUTCH	1			7,147
			4	YOKE ASSY	1			12,326
			5	MOTOR & BRKT ASSY, WIPER	1			13,500

Tabel 5.10 Parameter Biaya Inspeksi Hasil Pemulihan Komponen Kendaraan EOL

Kategori Item	No Komp	Komponen Assy (s) & Part (p)	No Part	Part Name (p) dari komp Assy (s)	QTY	Biaya Inspeksi (IDR)			
						Repair			Refurbish Assy (BI_{qs}^s)
						Part (BI_{qp}^p)	Assy (BI_{qs}^s)	Part / Assy (BI_{qsp}^{ps})	
Part (p)	1	BATTERY			1	3,500			
	2	SPEEDOMETER			1	3,500			
Assembly Part (s)	1	MOTOR ASSY	1	MOTOR ASSY, STARTING	1		2,500	500	2,500
			2	SWITCH ASSY, IGNITION	1			500	
			3	COVER ASSY, CLUTCH	1			500	
			4	YOKE ASSY	1			500	
			5	MOTOR & BRKT ASSY, WIPER	1			500	

Tabel 5.11 Parameter Biaya Transportasi Hasil Pemulihan Komponen Kendaraan EOL

Kategori Item	No Komp	Komponen Assy (s) & Part (p)	No Part	Part Name (p) dari komp Assy (s)	QTY	Biaya Transportasi		
						Part (BTR_{qpid})	Assy (BTR_{qsid})	Part / Assy (BTR_{qpsid})
<i>Part (p)</i>	1	BATTERY			1	960		
	2	SPEEDOMETER			1	70		
<i>Assembly Part (s)</i>	1	MOTOR ASSY	1	<i>MOTOR ASSY, STARTING</i>	1		931	292
			2	<i>SWITCH ASSY, IGNITION</i>	1			24
			3	<i>COVER ASSY, CLUTCH</i>	1			415
			4	<i>YOKE ASSY</i>	1			51
			5	<i>MOTOR & BRKT ASSY, WIPER</i>	1			149

Tabel 5.12 Parameter Biaya Pemulihan Komponen Kendaraan EOL

Kat. Item	No Komp	Komponen Assy (s) & Part (p)	No Part	Part Name (p) dari komp Assy (s)	QTY	Biaya Pemulihan Kendaraan (IDR)					
						Refurbish	Repair			Landfill	
						Assy (BR _{qs})	Part (BR _{qp} ^P)	Assy (BR _{qs} ^S)	Part / Assy (BR _{qsp} ^{PS})	Part (BL _{qp} ^w)	Part / Assy (BL _{qsp} ^w)
Part (p)	1	BATTERY			1		8,500			17,000	
	2	SPEEDOMETER			1		12,190			24,380	
Assembly Part (s)	1	MOTOR ASSY	1	MOTOR ASSY,STARTING	1	107,521		53,760	5,620		11,240
			2	SWITCH ASSY,IGNITION	1				10,280		20,560
			3	COVER ASSY,CLUTCH	1				7,147		14,294
			4	YOKE ASSY	1				12,326		24,652
			5	MOTOR & BRKT ASSY,WIPER	1				13,500		27,000

5) Parameter Harga Jual Komponen Kendaraan EOL

Parameter ini menjelaskan harga jual untuk masing – masing komponen kepada *recycler* atau dealer. Harga jual kepada *recycler* dihitung dalam satuan IDR per kg, sementara harga jual kepada dealer / *assy plant* dijual dalam satuan IDR per unit.

Tabel 5.13 Parameter Harga Jual Komponen Kendaraan

No Komp	Komponen Assy (s) & Part (p)	No Part	Part Name (p) dari komp Assy (s)	Harga Jual (IDR)					
				Recycler (IDR/Kg)			Dealer / Assy Plant (IDR/unit)		
				Part (H_{qpr}^{RP})	Assy (H_{qsr}^{RS})	Part / Assy (H_{qpsr}^{RPS})	Part (H_{qpd}^{DP})	Assy (H_{qsd}^{DS})	Part / Assy (H_{qpsd}^{DPS})
1	BATTERY			21.25	-	-	680,000	-	-
2	SPEEDO METER			30.475	-	-	975,200	-	-
3	MOTOR ASSY	1	MOTOR ASSY,STARTING	-	110	14.05	-	343,088	43,836
		2	SWITCH ASSY,IGNITION	-		25.7	-		80,184
		3	COVER ASSY,CLUTCH	-		17.8675	-		55,746.6
		4	YOKE ASSY	-		30.815	-		96,142.8
		5	MOTOR & BRKT ASSY,WIPER	-		33.75	-		105,300

6) Parameter Dampak Lingkungan

Parameter ini menjelaskan dampak lingkungan yang disebabkan oleh pilihan alternatif pemulihan komponen kendaraan EOL untuk masing – masing komponen kendaraan dalam satuan Kg – CO₂.

Tabel 5.14 Parameter Emisi Dari Pilihan Strategi Pemulihan Kendaraan Untuk *Part* Atau *Part Assy* Dari Kendaraan Untuk Masing – Masing Komponen

No Komp	Komponen Assy (s) & Part (p)	No Part	Part Name (p) dari komp Assy (s)	Emisi (Kg - CO2)								
				Repair			Refurbish	Recycle			Landfill	
				Part (EP _{qs} ^p)	Assy (EP _{qs} ^s)	Part/ Assy (EP _{qps} ^{ps})	Assy (EF _{qs})	Part (ER _{qp} ^p)	Assy (ER _{qs} ^s)	Part/ Assy (ER _{qps} ^{ps})	Part (EL _{qp} ^p)	Part/ Assy (EL _{qps} ^{ps})
1	BATTERY			9.6	-	-	-	33.6	-	-	76.8	-
2	SPEEDOMETER			0.7	-	-	-	2.45	-	-	5.6	-
3	MOTOR ASSY	1	MOTOR ASSY, STARTING	-	9	2.915	21	0	30	9.275	-	21.2
		2	SWITCH ASSY, IGNITION	-		0.23881		0		0.75985	-	1.7368
		3	COVER ASSY, CLUTCH	-		4.1481		0		13.1985	-	30.168
		4	YOKE ASSY	-		0.506		0		1.61	-	3.68
		5	MOTOR & BRKT ASSY, WIPER	-		1.485		0		4.725	-	10.8

7) Parameter Permintaan Komponen Kendaraan

Parameter ini menjelaskan permintaan yang berasal dari masing – masing dealer. Lokasi dealer yang dimaksud sama dengan lokasi pengumpulan kendaraan EOL.

Tabel 5.15 Parameter Jumlah Permintaan Pusat Pengumpulan Kendaraan Dari Dealer Part Atau Part Assy Dari Kendaraan Untuk Masing – Masing Komponen

No Komp	Komponen Assy (s) & Part (p)	No Part	Part Name (p) dari komp Assy (s)	Lokasi Dealer (d)											
				Tangerang (d1)			Cirebon (d2)			Surakarta (d3)			Sidoarjo (d4)		
				Part (P ^{DP} _{qpd})	Assy Part (P ^{DS} _{qsd})	Part / Assy (P ^{DPS} _{qspd})	Part (P ^{DP} _{qpd})	Assy Part (P ^{DS} _{qsd})	Part/ Assy (P ^{DPS} _{qspd})	Part (P ^{DP} _{qpd})	Assy Part (P ^{DS} _{qsd})	Part/ Assy (P ^{DPS} _{qspd})	Part (P ^{DP} _{qpd})	Assy Part (P ^{DS} _{qsd})	Part/ Assy (P ^{DPS} _{qspd})
1	BATTERY			150	-	-	150	-	-	150	-	-	150	-	-
2	SPEEDOMETER			150	-	-	150	-	-	150	-	-	150	-	-
1	MOTOR ASSY	1	MOTOR ASSY, STARTING	-	150	100	150	100	100	150	100	100	150	100	100
		2	SWITCH ASSY, IGNITION	-		100						100		-	100
		3	COVER ASSY, CLUTCH	-		100						100		-	100
		4	YOKE ASSY	-		100						100		-	100
		5	MOTOR & BRKT ASSY, WIPER	-		100						100		-	100

Tabel 5.16 Parameter Jumlah Permintaan *Assembly Plant* Dan *Recycler Part* Atau *Part Assy* Dari Kendaraan Untuk Masing – Masing Komponen

Komponen Assy (s) & Part (p)	No Part	Part Name (p) dari komp Assy (s)	ASSY PLANT		
			<i>PART</i> (P_{qsa}^{APS})	<i>ASSY</i> <i>PART</i> (P_{qpa}^{APP})	<i>PART</i> <i>FROM</i> <i>ASSY</i> (P_{qspa}^{APPS})
BATTERY	1	BATTERY ASSY	100	-	-
SPEEDOMETER	1	SPEEDOMETER ASSY, COMB	100	-	-
MOTOR ASSY	1	MOTOR ASSY, STARTING	-	50	100
	2	SWITCH ASSY, IGNITION	-		100
	3	COVER ASSY, CLUTCH	-		100
	4	YOKE ASSY	-		100
	5	MOTOR & BRKT ASSY, WIPER	-		100

8) Parameter Jumlah Kendaraan yang Berkumpul

Parameter ini menjelaskan jumlah kendaraan EOL yang berpotensi masuk ke lokasi pengumpulan kendaraan (k)

Tabel 5.17 Parameter Jumlah Kendaraan Yang Masuk Ke Pusat Pengumpulan Kendaraan EOL

No.	Lokasi (k)	Kendaraan Berkumpul (X_{qjk})
1	Tangerang	150
2	Cirebon	150
3	Surakarta	150
4	Sidoarjo	150

9) Parameter Produk

Parameter ini menjelaskan data – data informasi tentang produk atau kendaraan EOL untuk kompensasi yang dibayar kepada konsumen, berat produk yang dikembalikan, biaya inspeksi produk, biaya transportasi produk dan waktu *disassembly* produk.

Tabel 5.18 Parameter Data Informasi Produk

No.	Informasi produk	Jumlah	Satuan
1	Kompensasi kepada Konsumen	500,000	IDR
2	Berat	18.748	Kg
3	Biaya Inspeksi	10,000	IDR
4	Biaya Transportasi	18,748	IDR
5	Waktu <i>Disassembly</i>	10	Menit

5.2 Aplikasi Model

Aplikasi model dilakukan untuk menguji validitas model yang dirancang pada penelitian ini. Dalam aplikasi model dengan menggunakan *software lingo 11*,

dilakukan beberapa percobaan dengan mengubah beberapa parameter yang ada untuk mengetahui perubahan yang terjadi pada variabel lain.

5.2.1 Uji Validasi dan Aplikasi Model

Hasil uji validasi untuk mengaplikasikan model kedalam studi kasus pada Produsen Mobil Z dengan menggunakan parameter yang telah ditetapkan pada sub – Bab 5.1 menyatakan bahwa model yang dirancang untuk menentukan strategi alternatif pemulihan komponen kendaraan EOL dengan mempertimbangkan empat *goal* atau objektif, yaitu memaksimalkan keuntungan, meminimasi dampak lingkungan, memaksimalkan jumlah pemulihan komponen oleh produsen dan memaksimalkan jumlah komponen yang dijual kepada *recycler* dinyatakan valid dengan menggunakan *Software Lingo 11*. Validasi tersebut dinyatakan dari hasil aplikasi model dengan menggunakan informasi data sebagai berikut:

Tingkat Aspirasi yang Diharapkan:

Target *Net Income* : IDR 1,200,000.-

Target Emisi : 9,000 Kg – CO₂

Target Pemulihan Komponen Kendaraan : 630 Kg

Target Penjualan / Daur Ulang oleh *Recycler*: 2,100 Kg

Lokasi pusat pengumpulan kendaraan EOL yang dibuka lokasi 4 (Sidoarjo)

Lokasi pusat *disassembly* yang dibuka lokasi 3 (Mojokerto)

Lokasi pabrik *repair* yang dibuka lokasi 3 (Mojokerto)

Lokasi pabrik *refurbishing* yang dibuka lokasi 2 (Demak)

Tabel 5.19 Jumlah Komponen Yang Dipulihkan Untuk Masing – Masing Alternatif Pemulihan Komponen Kendaraan EOL

Part / Assy Part	Variabel Keputusan	Proses Asal		Proses Tujuan		Qty
Battery	XDRP	Disassembly	3	Repair	3	60
	XDLP	Disassembly	3	Disposal	1	50
	XDCP	Disassembly	3	Recycle	1	40
	Total Komponen Kendaraan Di-disassembly					150
	XDEP	Repair	3	Dealer	4	60
	Total Komponen yang Dipulihkan					60
Speedometer	XDRP	Disassembly	3	Repair	3	45
	XDLP	Disassembly	3	Disposal	1	1
	XDCP	Disassembly	3	Recycle	1	104
	Total Komponen Kendaraan Di-disassembly					150

Tabel 5.19 Jumlah Komponen Yang Dipulihkan Untuk Masing – Masing Alternatif Pemulihan Komponen Kendaraan EOL (Lanjutan)

Part / Assy Part	Variabel Keputusan	Proses Asal		Proses Tujuan		Qty
	XDEP	Repair	3	Dealer	1	1
	XDEP	Repair	3	Dealer	4	44
	Total Komponen yang Dipulihkan					45
Motor Assy	XDR	Disassembly	3	Refurbish	2	1
	XDRS	Disassembly	3	Repair	3	1
	XDCS	Disassembly	3	Recycle	1	143
	Total Komponen Kendaraan Di-disassembly					145
	XRD	Refurbish	2	Dealer	3	1
	XDES	Repair	3	Dealer	4	1
	Total Komponen yang Dipulihkan					2
Motor - Part 1	XDLPS	Disassembly	1	Disposal	1	3
	XDCPS	Disassembly	1	Recycle	1	2
	Total Komponen Kendaraan Di-disassembly					5
Motor - Part 2	XDLPS	Disassembly	1	Disposal	1	4
	XDCPS	Disassembly	1	Recycle	1	1
	Total Komponen Kendaraan Di-disassembly					5
Motor - Part 3	XDRPS	Disassembly	1	Repair	3	1
	XDCPS	Disassembly	1	Recycle	1	4
	Total Komponen Kendaraan Di-disassembly					5
	XDEPS	Repair	1	Dealer	3	1
	Total Komponen yang Dipulihkan					1
Motor - Part 4	XDRPS	Disassembly	1	Repair	3	1
	XDCPS	Disassembly	1	Recycle	1	4
	Total Komponen Kendaraan Di-disassembly					5
	XDEPS	Repair	1	Dealer	3	1
	Total Komponen yang Dipulihkan					1
Motor - Part 5	XDRPS	Disassembly	1	Repair	3	1
	XDLPS	Disassembly	1	Disposal	1	4
	Total Komponen Kendaraan Di-disassembly					5
	XDEPS	Repair	1	Dealer	3	1
	Total Komponen yang Dipulihkan					1

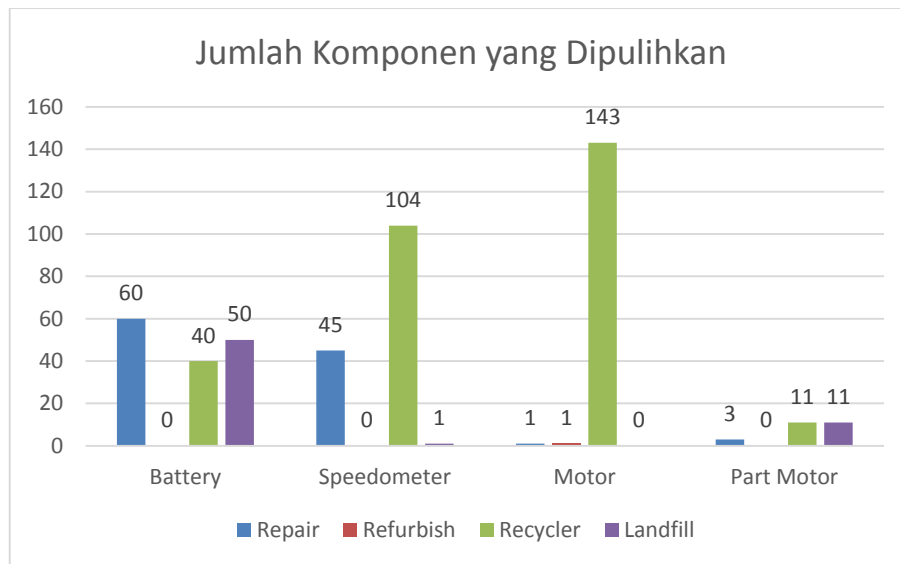
Hasil *running* model dengan menggunakan *software lingo 11* yang diperoleh sesuai dengan *output* yang diinginkan dari penelitian ini. Parameter kendaraan yang dapat masuk ke lokasi pengumpulan kendaraan pada aplikasi model ini *disetting* maksimal 150 unit kendaraan dapat terkumpul. Dari 150 unit kendaraan yang masuk, seluruh komponen dapat dilakukan *disassembly* menjadi 3 komponen, yaitu *battery*, *motor assy* dan *speedometer*. Jumlah komponen yang keluar dari pusat *disassembly* dan masuk ke lokasi pabrik *repair*, pabrik *refurbish*,

lokasi disposal maupun yang dijual ke *recycler* sudah sesuai dengan input yang masuk ke pusat *disassembly*.

Sesuai dengan model yang dirancang, komponen yang telah dipulihkan oleh produsen baik dengan menggunakan teknik *repair* maupun teknik *refurbish* diutamakan untuk memenuhi kebutuhan dealer. Dealer yang dimaksud dalam aplikasi model ini sama dengan tempat atau lokasi untuk pengumpulan kendaraan EOL. Pendapatan yang diperoleh dengan alternatif strategi pemulihan diatas mampu menghasilkan pendapatan bersih sebesar IDR.1,200,000.-, menghasilkan jumlah emisi sebesar 10,509 Kg-CO₂, memulihkan komponen seberat 630 kg dan menjual kepada *recycler* seberat 1,687 kg.

Kedua *goal* atau objektif untuk memaksimalkan net income dan jumlah komponen yang dipulihkan oleh produsen sudah tercapai sesuai tingkat aspirasi yang diharapkan, sementara untuk dampak lingkungan dan target penjualan kepada *recycler* belum tercapai. Objektif untuk meminimasi dampak lingkungan masih dibawah target (*under achievement*) sebesar 1,509 Kg-CO dan Objektif memaksimalkan jumlah penjualan kepada *recycler* masih *under achievement* sebesar 313 Kg. Hal tersebut disebabkan karena kemampuan untuk recycle yang terbatas pada rasio 0.6, sehingga beberapa komponen harus mengalami disposal. Jumlah disposal ini juga menyebabkan pencapaian dibawah target meminimasi dampak lingkungan, karena dampak lingkungan dari disposal merupakan yang paling tinggi.

Jika dilihat dari grafik jumlah alternatif pemulihan komponen kendaraan (Gambar 5.1), pemulihan *battery* dengan teknik *repair* merupakan pilihan yang paling direkomendasikan. Hal tersebut disebabkan oleh biaya teknik pemulihan dan dampak lingkungan yang disebabkan dari proses pemulihan *battery* dengan teknik *repair* merupakan yang paling rendah diantara teknik – teknik pemulihan lainnya. Teknik *landfill* dapat dijadikan alternatif pemulihan komponen meskipun memberi kontribusi emisi CO₂ yang paling tinggi, tetapi tidak membutuhkan biaya yang terlalu besar dan tidak perlu investasi pembukaan fasilitas untuk *landfill*.



Gambar 5.1 Total Jumlah Komponen Berdasarkan Solusi Alternatif Pemulihan Terpilih

Sementara untuk *Speedometer* dan *Motor Assy*, penjualan komponen kepada *recycler* paling direkomendasikan karena komponen memiliki kemampuan untuk *repair* lebih kecil dibanding *battery*. Sehingga kendala tersebut menyebabkan jumlah komponen yang dijual kepada *recycler* lebih besar. Teknik *refurbish* tidak terlalu direkomendasikan karena tingkat aspirasi untuk pemulihan komponen oleh produsen telah terpenuhi dengan melakukan *repair*. Selain itu, teknik *refurbish* membutuhkan biaya proses pemulihan dan menghasilkan dampak emisi CO₂ yang lebih besar dibandingkan dengan teknik *repair*.

5.3 Analisis Sensitivitas

Pada tahap analisis sensitivitas tingkat rasio pemulihan yang dapat dilakukan dengan *setting* rasio kemampuan pemulihan pada Tabel 5.20 halaman berikut. *Setting* parameter pada Tabel 5.20 untuk dapat melihat sensitivitas variabel keputusan terhadap perubahan tingkat aspirasi dan parameter secara optimal, sehingga rasio pemulihan komponen oleh produsen ditingkatkan.

Tabel 5.20 Parameter Rasio Pemulihan Komponen untuk Masing – Masing Alternatif Pemulihan untuk Skenario 1

Komponen Assy (s) & Part (p)	No Part	Part Name (p) dari komp assy (s)	Fraksi yang Diinginkan				
			Refurbish	Repair			Recycle
				Part	Assy	Part/ Assy	
BATTERY	1	BATTERY ASSY	-	0.7	-	-	0.3
SPEEDOMETER	1	SPEEDOMETER ASSY,COMB	-	0.7	-	-	
MOTOR ASSY	1	MOTOR ASSY,STARTING	0.5	-	0.7	0.7	
	2	SWITCH ASSY,IGNITION		-		0.7	
	3	COVER ASSY,CLUTCH		-		0.7	
	4	YOKE ASSY		-		0.7	
	5	MOTOR & BRKT ASSY,WIPER		-		0.7	

Selanjutnya *setting* rasio diatas menyebabkan tingkat aspirasi disesuaikan menjadi sebagai berikut:

Tingkat Aspirasi yang Diharapkan:

Target *Net Income* : IDR 30,000,000.-

Target Emisi : 10,000 Kg – CO₂

Target Pemulihan Komponen Kendaraan : 1,500 Kg

Target Penjualan / Daur Ulang oleh *Recycler*: 800 Kg

Perubahan rasio dan tingkat aspirasi diatas selanjutnya ditetapkan sebagai skenario 1 untuk dibandingkan dengan skenario – skenario lainnya. *Running* model dengan menggunakan *software lingo 11* dan perubahan data diatas menghasilkan strategi pemulihan komponen kendaraan sebagai berikut:

Lokasi pusat pengumpulan kendaraan EOL yang dibuka lokasi 4 (Sidoarjo)

Lokasi pusat *disassembly* yang dibuka lokasi 3 (Mojokerto)

Lokasi pabrik *repair* yang dibuka lokasi 3 (Mojokerto)

Lokasi pabrik *refurbishing* yang dibuka lokasi 1 (Majalengka)

Tabel 5.21 Jumlah Komponen Yang Dipulihkan Untuk Masing – Masing Alternatif Pemulihan Komponen Kendaraan EOL

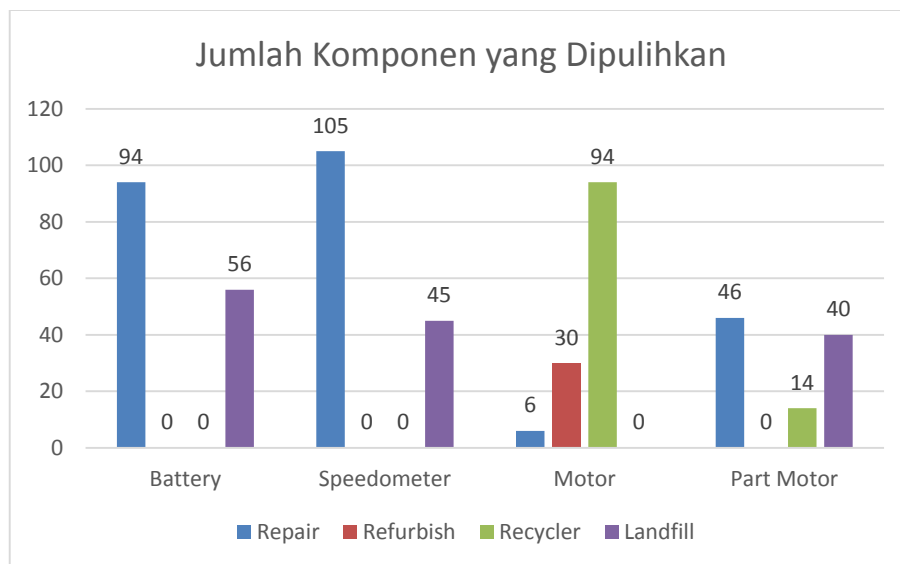
Produk / Assy / Part	Variabel Keputusan	Proses Asal		Proses Tujuan		QTY
Produk	XQ	Kendaraan yang Berkumpul			4)	150
	Total Kendaraan Masuk					150
Battery	XDLP	Disassembly	3	Disposal	1)	56
	XDRP	Disassembly	3	Repair	3)	94
	Total Komponen Kendaraan Di-disassembly					150
	XDEP	Repair	3	Dealer	4)	94
	Total Komponen yang Dipulihkan					94
Speedometer	XDLP	Disassembly	3	Disposal	1)	45
	XDRP	Disassembly	3	Repair	3)	105
	Total Komponen Kendaraan Di-disassembly					150
	XDEP	Repair	3	Dealer	3)	3
	XDEP	Repair	3	Dealer	4)	102
	Total Komponen yang Dipulihkan					105
Motor	XDCS	Disassembly	3	Recycle	1)	94
	XDR	Disassembly	3	Refurbish	1)	30
	XDRS	Disassembly	3	Repair	3)	6
	XS	Assembly Part yang Didisassembly			3)	20
	Total Komponen Kendaraan Di-disassembly					150
	XDES	Repair	3	Dealer	4)	6
	XRD	Refurbish	1	Dealer	2)	30
	Total Komponen yang Dipulihkan					36
Motor - Part 1	XDLPS	Disassembly	3	Disposal	1)	20
	Total Komponen yang Di-disposal					
Motor - Part 2	XDCPS	Disassembly	3	Recycle	1)	6
	XDRPS	Disassembly	3	Repair	3)	14
	Total Komponen yang Di-disassembly					40
	XAPPS	Repair	3	Assembly Plant	1)	3
	XDEPS	Repair	3	Dealer	3)	2
	XDEPS	Repair	3	Dealer	4)	9
	Total Komponen yang Dipulihkan					14
Motor - Part 3	XDLPS	Disassembly	3	Disposal	1)	15
	XDRPS	Disassembly	3	Repair	3)	5
	Total Komponen yang Di-disassembly					20
	XDEPS	Repair	3	Dealer	4)	5
	Total Komponen yang Dipulihkan					5
Motor - Part 4	XDCPS	Disassembly	3	Recycle	1)	7
	XDRPS	Disassembly	3	Repair	3)	13

Tabel 5.21 Jumlah Komponen Yang Dipulihkan Untuk Masing – Masing Alternatif Pemulihan Komponen Kendaraan EOL (Lanjutan)

Produk / Assy / Part	Variabel Keputusan	Proses Asal		Proses Tujuan		QTY
	Total Komponen yang Di- <i>disassembly</i>					20
	XDEPS	<i>Repair</i>	3	Dealer	3)	4
	XDEPS	<i>Repair</i>	3	Dealer	4)	9
	Total Komponen yang Dipulihkan					13
Motor - Pa rt 5	XDCPS	<i>Disassembly</i>	3	<i>Recycle</i>	1)	1
	XDLPS	<i>Disassembly</i>	3	Disposal	1)	5
	XDRPS	<i>Disassembly</i>	3	<i>Repair</i>	3)	14
	Total Komponen yang Di- <i>disassembly</i>					20
	XDEPS	<i>Repair</i>	3	Dealer	4)	14
	Total Komponen yang Dipulihkan					14

Parameter kendaraan yang dapat masuk ke lokasi pengumpulan kendaraan pada aplikasi model ini *disetting* maksimal 150 unit kendaraan dapat terkumpul. Dari 150 unit kendaraan yang masuk, seluruh komponen dapat dilakukan *disassembly* menjadi 3 komponen, yaitu *battery*, *motor assy* dan *speedometer*. Jumlah komponen yang keluar dari pusat *disassembly* dan masuk ke lokasi pabrik *repair*, pabrik *refurbish*, lokasi disposal maupun yang dijual ke *recycler* sudah sesuai dengan input yang masuk ke pusat *disassembly*.

Sesuai dengan model yang dirancang, komponen yang telah dipulihkan oleh produsen baik dengan menggunakan teknik *repair* maupun teknik *refurbish* diutamakan untuk memenuhi kebutuhan dealer. Dealer yang dimaksud dalam aplikasi model ini sama dengan tempat atau lokasi untuk pengumpulan kendaraan EOL. Pendapatan yang diperoleh dengan alternatif strategi pemulihan diatas sebesar RP. 30,000,000.- , menghasilkan jumlah emisi sebesar 10,000 Kg-CO₂, memulihkan komponen seberat 1.326 kg dan menjual kepada *recycler* seberat 800 kg. Ketiga *goal* atau objektif sudah tercapai sesuai tingkat aspirasi yang diharapkan untuk masing – masing *goal*, sementara untuk target pemulihan komponen oleh produsen belum tercapai (*under achievement*) karena kemampuan pemulihan komponen kendaraan yang terbatas, yaitu sebesar 0.7.



Gambar 5.2 Total Jumlah Komponen Berdasarkan Solusi Alternatif Pemulihan Terpilih

Jika dilihat dari grafik jumlah alternatif pemulihan komponen kendaraan (Gambar 5.2), pemulihan dengan teknik *repair* merupakan pilihan yang paling direkomendasikan. Hal tersebut disebabkan oleh biaya teknik pemulihan dan dampak lingkungan yang disebabkan dari proses pemulihan dengan teknik *repair* merupakan yang paling rendah diantara teknik – teknik pemulihan lainnya. Teknik *landfill* dapat dijadikan alternatif pemulihan komponen meskipun memberi kontribusi emisi CO₂ yang paling tinggi, tetapi secara total masih sesuai dengan target awal yang ditetapkan yaitu sekitar 10,000 kg – CO₂.

Alternatif pemulihan komponen kendaraan dengan teknik *landfill* atau disposal komponen menjadi pilihan alternatif terbanyak kedua. Hal tersebut disebabkan oleh pengeluaran biaya yang tidak terlalu besar jika dibandingkan dengan melakukan teknik *repair* maupun *refurbish*. Dengan menggunakan teknik *landfill* tidak ada biaya yang harus dikeluarkan untuk membuka fasilitas untuk *landfill* komponen kendaraan. Penjualan kepada *recycler* juga cukup direkomendasikan karena pengaruh dari biaya yang lebih rendah dibanding teknik *refurbish*, karena perusahaan tidak perlu membuka fasilitas sendiri, melainkan cukup menjalin kerjasama dengan *recycler* atau perusahaan yang menampung komponen – komponen daur ulang. Teknologi yang perlu diinvestasikan untuk melakukan daur ulang atau *recycle* membutuhkan biaya yang cukup besar, sehingga

untuk tahap awal melaksanakan strategi pemulihan komponen kendaraan EOL, produsen dapat memulai strategi pemulihan dengan memilih alternatif pemulihan *repair* dengan biaya investasi dan biaya proses pemulihan yang lebih rendah.

5.3.1 Analisis Perubahan Biaya Pembukaan Fasilitas Terhadap Variabel Keputusan

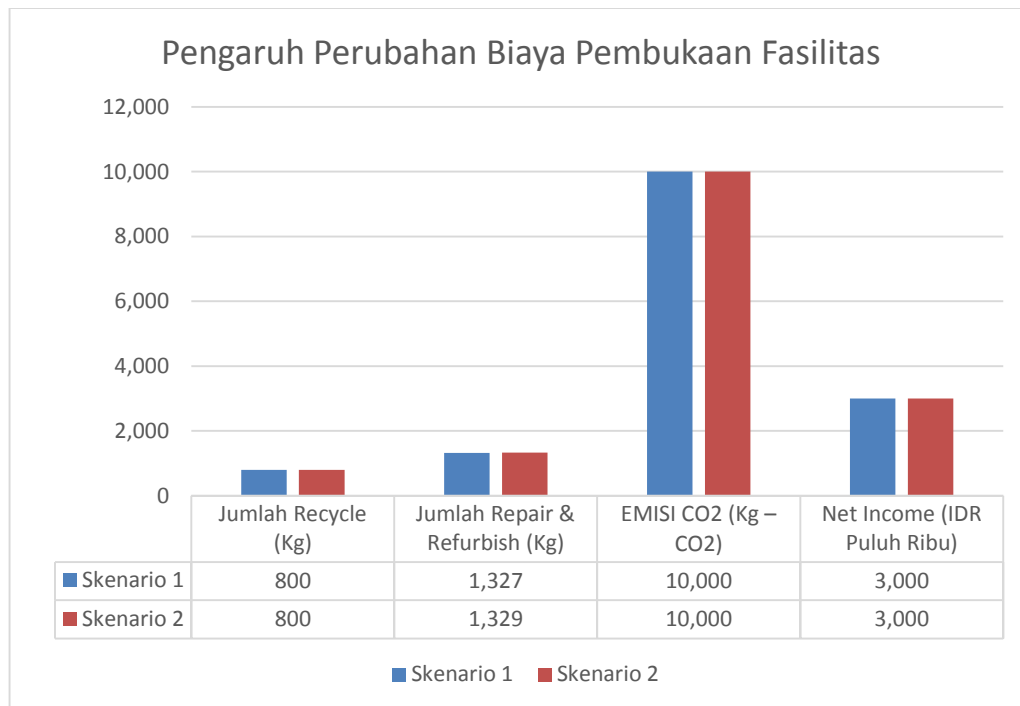
Pada tahap ini dilakukan aplikasi model dengan membandingkan skenario pertama atau skenario 1 (menggunakan tingkat aspirasi atau parameter awal yang telah ditetapkan) dan skenario lain yang dijelaskan pada Tabel 5.22 berikut ini.

Tabel 5.22 *Setting* Skenario untuk Uji Sensitivitas Variabel Keputusan Terhadap Perubahan Parameter

Skenario	<i>Setting</i> Skenario
1	Normal atau tidak ada perubahan
2	Penurunan biaya pembukaan pabrik <i>repair</i> sebesar 75%
3	Peningkatan biaya pembukaan pabrik <i>repair</i> dan pabrik <i>refurbish</i> masing – masing sebesar 200%
4	Penurunan Biaya Pembukaan Pabrik <i>Repair</i> dan Pabrik <i>Refurbish</i> Sebesar 50%
5	Penurunan biaya pembukaan pabrik <i>refurbish</i> sebesar 75%

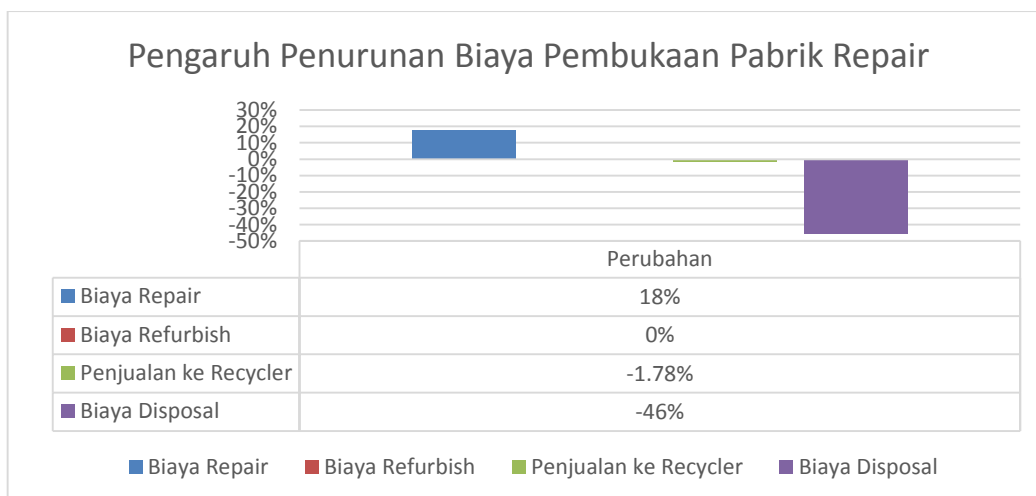
1. Penurunan Biaya Pembukaan Pabrik *Repair* Sebesar 75%

Untuk melakukan analisis sensitivitas berikut ini, skenario 1 dibandingkan dengan skenario 2. Hasilnya diperoleh bahwa penurunan biaya pembukaan pabrik *repair* sebesar 75% dapat meningkatkan jumlah komponen yang dipulihkan oleh produsen dari 1,327 kg menjadi 1,329 kg.



Gambar 5.3 Pengaruh Perubahan Penurunan Biaya Pembukaan Pabrik *Repair*

Secara rinci, perubahan variabel keputusan yang disebabkan oleh perubahan parameter biaya pembukaan pabrik *repair* yang turun sebesar 75% menyebabkan jumlah komponen yang *direpair* meningkat, hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.4 dimana biaya untuk *repair* meningkat sebesar 18%.

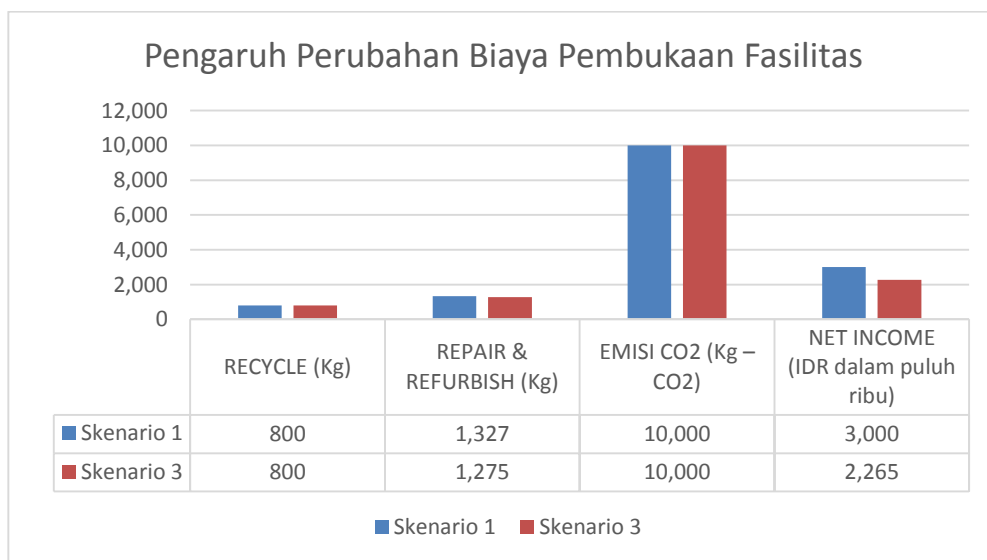


Gambar 5.4 Pengaruh Pengurangan Biaya *Repair* Terhadap Persentase Biaya Pemulihan

Peningkatan tersebut diikuti dengan jumlah disposal yang menurun, indikasi ini dapat dilihat dari biaya disposal yang turun sebesar 46%. Jumlah komponen yang *direfurbish* tidak mengalami perubahan, sehingga diperoleh hasil analisis bahwa dengan semakin rendahnya biaya untuk melakukan teknik pemulihan, jumlah komponen yang didisposal semakin berkurang.

2. Peningkatan Biaya Pembukaan Pabrik *Repair* dan Pabrik *Refurbish* Sebesar 200%

Untuk melakukan analisis sensitivitas berikut ini, skenario 1 dibandingkan dengan skenario 3. Hasilnya diperoleh bahwa peningkatan biaya untuk pembukaan fasilitas pabrik pemulihan oleh produsen berpengaruh terhadap berkurangnya variabel keputusan untuk jumlah komponen kendaraan yang dipulihkan oleh produsen dari 1,327 kg menjadi 1,275 kg.

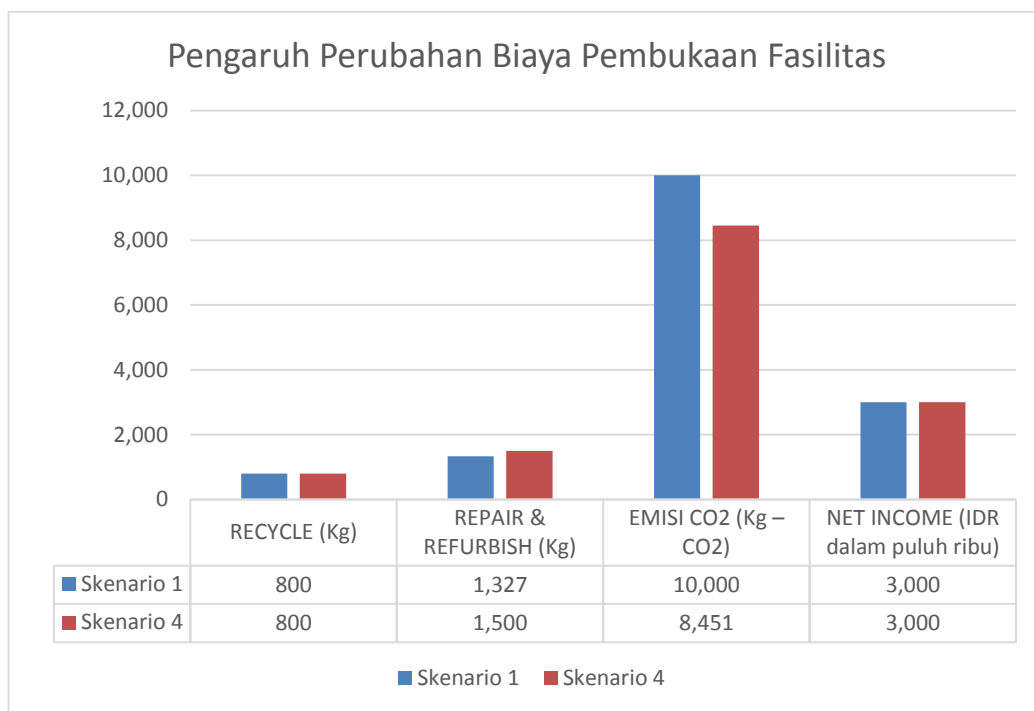


Gambar 5.5 Pengaruh Peningkatan Biaya Pembukaan Pabrik *Repair* dan Pabrik *Refurbish*

Net income berkurang disebabkan semakin besarnya biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan untuk pembukaan fasilitas yaitu biaya untuk pembukaan pabrik *repair* dan *refurbish*. Kenaikan biaya ini diikuti dengan meningkatnya jumlah komponen yang harus didisposal dimana penjualan ke *recycler* yang tetap, artinya jumlah yang berkurang dari komponen kendaraan yang dipulihkan oleh produsen tersebut harus didisposal.

3. Penurunan Biaya Pembukaan Pabrik *Repair* dan Pabrik *Refurbish* Sebesar 50%

Pada skenario analisis sensitivitas berikut ini, skenario 1 dibandingkan dengan skenario 4. Hasilnya didapatkan bahwa peningkatan biaya pembukaan fasilitas pabrik pemulihan oleh produsen berpengaruh terhadap meningkatnya variabel keputusan untuk jumlah komponen kendaraan yang dipulihkan oleh produsen, yaitu dari 1,327 kg menjadi 1,500 kg.



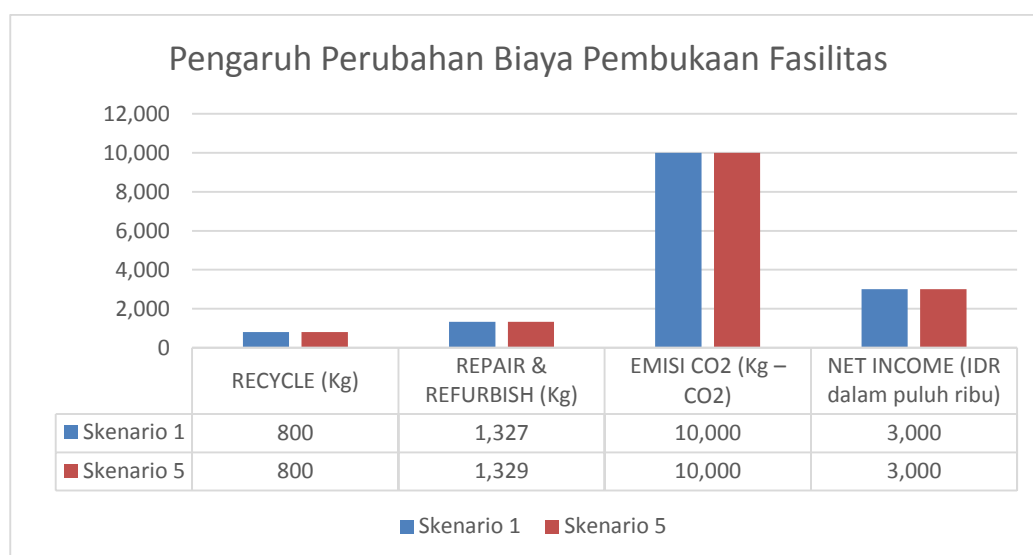
Gambar 5.6 Pengaruh Penurunan Biaya Pembukaan Pabrik *Repair* dan Pabrik *Refurbish* serta Penurunan Target Emisi CO₂

Peningkatan jumlah komponen kendaraan yang dipulihkan oleh produsen dapat membantu produsen untuk mencapai objektif dalam menurunkan jumlah emisi CO₂ yang dihasilkan. Selama *goal* untuk *net income* masih dapat dicapai, jumlah pemulihan komponen dan emisi CO₂ yang dihasilkan masih dapat dioptimalkan.

4. Penurunan Biaya Pembukaan Pabrik *Refurbish* sebesar 75%.

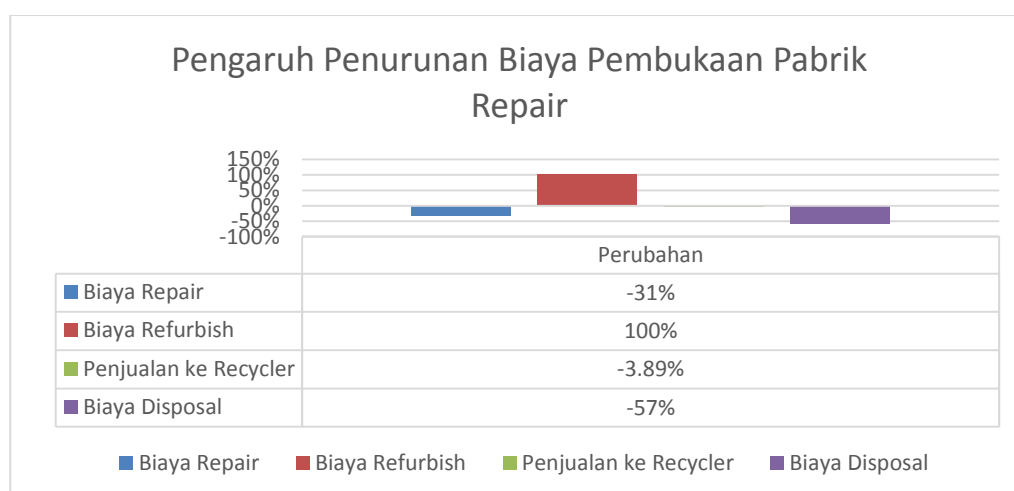
Pada skenario analisis sensitivitas berikut ini, skenario 1 dibandingkan dengan skenario 5. Hasilnya didapatkan bahwa penurunan biaya untuk pembukaan

fasilitas pabrik *refurbish* berpengaruh terhadap meningkatnya variabel keputusan untuk komponen yang dipulihkan oleh produsen, yaitu meningkat dari 1,327 kg menjadi 1,329 kg.



Gambar 5.7 Pengaruh Perubahan Biaya Pembukaan Pabrik *Refurbish*

Secara rinci, perubahan parameter biaya pembukaan pabrik *refurbish* yang turun sebesar 75% menyebabkan perubahan variabel keputusan untuk jumlah komponen yang *direfurbish* meningkat, hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.8 dimana biaya untuk *refurbish* komponen kendaraan meningkat sebesar 100%.



Gambar 5.8 Pengaruh Pengurangan Biaya Pembukaan Pabrik *Refurbish* Terhadap Persentase Biaya Pemulihan

Peningkatan tersebut diikuti dengan jumlah disposal yang menurun, hal tersebut dapat dilihat dari biaya disposal yang turun sebesar 57%. Sehingga penurunan biaya untuk pemulihan komponen kendaraan dapat mengurangi jumlah komponen yang harus didisposal.

5.3.2 Analisis Perubahan Tingkat Aspirasi Terhadap Variabel Keputusan

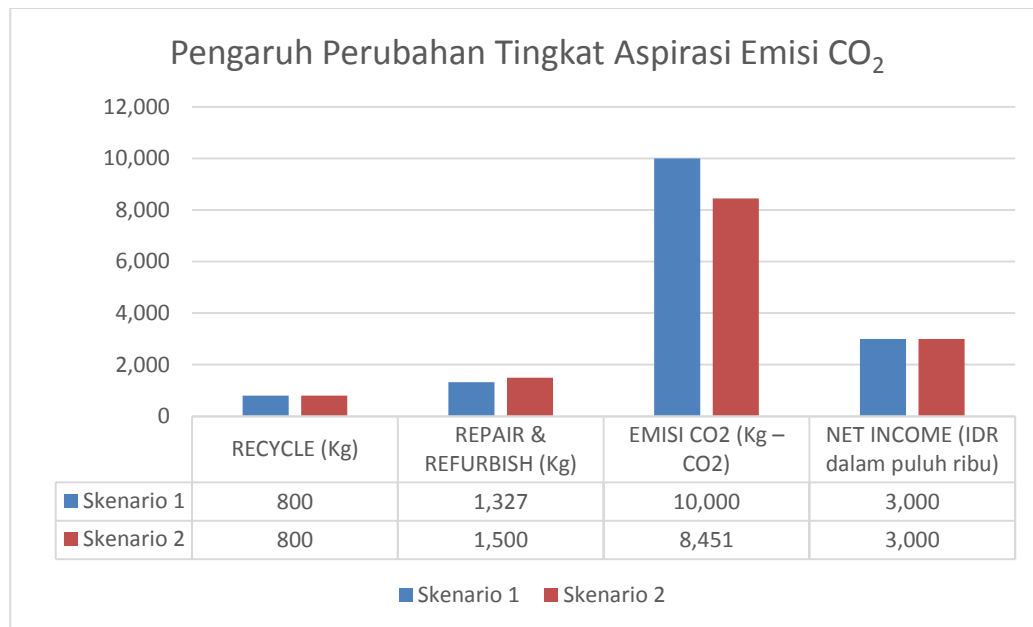
Pada tahap ini dilakukan aplikasi model dengan membandingkan skenario pertama atau skenario 1 dimana menggunakan tingkat aspirasi atau parameter awal yang telah ditetapkan dan skenario lain yang dijelaskan pada Tabel 5.23 dibawah.

Tabel 5.23 *Setting* Skenario untuk Uji Sensitivitas Variabel Keputusan Terhadap perubahan Target atau Tingkat Aspirasi

Skenario	<i>Setting</i> Skenario
1	Normal atau tidak ada perubahan
2	Pengurangan target emisi co ₂ menjadi 7,000 kg – CO ₂
3	Peningkatan target <i>net income</i> idr 35,000,000
4	Peningkatan target jumlah yang dipulihkan menjadi 1,600 kg, jumlah yang dijual kepada <i>recycler</i> menjadi 900 kg dan pengurangan target emisi co ₂ menjadi 7,000 kg – CO ₂
5	Peningkatan target jumlah yang dipulihkan menjadi 2,000 kg dan pengurangan target emisi co ₂ menjadi 5,000 kg – CO ₂

1. Pengurangan Target Emisi CO₂

Dalam skenario analisis sensitivitas berikut ini, skenario 1 dibandingkan dengan skenario 2 dimana pada skenario 2 tingkat aspirasi emisi CO₂ diturunkan dari 10,000 Kg – CO₂ menjadi 7,000 Kg – CO₂. Hasilnya didapatkan bahwa penurunan target emisi CO₂ berpengaruh terhadap meningkatnya variabel keputusan untuk jumlah komponen kendaraan yang dipulihkan oleh produsen dari 1,327 kg menjadi 1,500 kg dan Emisi CO₂ yang dihasilkan berkurang dari 10,000 Kg - CO₂ menjadi 8,451 Kg – CO₂.

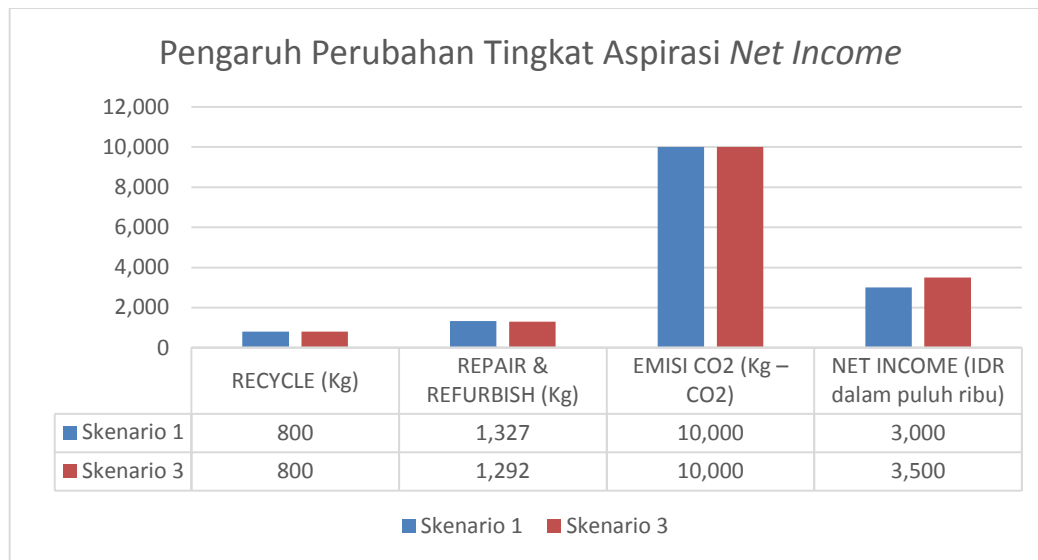


Gambar 5.9 Pengaruh Penurunan Tingkat Aspirasi Emisi CO₂

Hasil aplikasi model diatas menunjukkan bahwa semakin menurunkan tingkat aspirasi untuk emisi CO₂ yang dihasilkan, menyebabkan jumlah komponen kendaraan yang harus didisposal semakin berkurang. Hal tersebut berdasarkan pertimbangan keempat objektif yang telah ditentukan, ternyata *landfill* komponen tidak terlalu direkomendasikan karena menyebabkan dampak lingkungan yang lebih besar dari teknik pemulihan lainnya.

2. Peningkatan Target *Net Income*

Pada skenario analisis sensitivitas berikut ini, skenario 1 dibandingkan dengan skenario 3 dimana pada skenario 3 tingkat aspirasi atau target *net income* ditingkatkan menjadi IDR 35,000,000.-. Hasilnya didapatkan bahwa peningkatan tingkat aspirasi *net income* tersebut berpengaruh terhadap menurunnya variabel keputusan untuk jumlah komponen kendaraan yang dipulihkan oleh produsen dari 1,327 kg menjadi 1,292 kg. Meningkatnya *net income* tersebut disebabkan oleh berkurangnya jumlah yang *direfurbish* sehingga biaya untuk *refurbish* turun dari IDR 3,225,618 menjadi IDR 1,134,129. Biaya untuk disposal justru meningkat dari IDR 2,623,310 menjadi IDR 3,374,986, ini mengindikasikan bahwa jumlah komponen yang mengalami disposal justru meningkat.



Gambar 5.10 Pengaruh Perubahan Tingkat Aspirasi *Net Income*

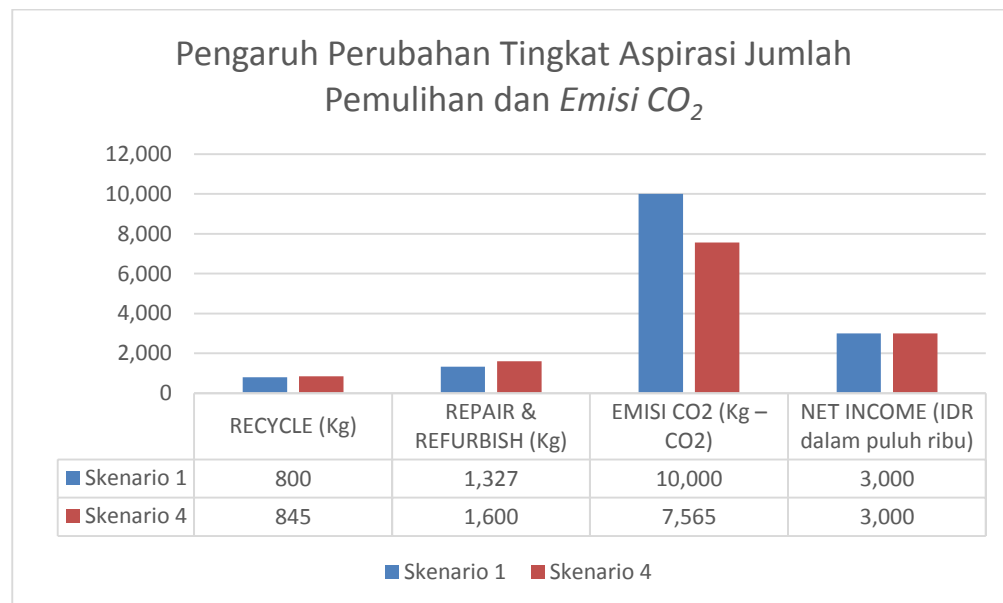
Analisis ini menjelaskan bahwa alternatif disposal lebih direkomendasikan dibandingkan dengan alternatif *refurbish* jika target *net income* ditingkatkan, karena alternatif *refurbish* membutuhkan biaya yang lebih besar untuk pembukaan fasilitas dan biaya proses pemulihan dengan teknik *refurbish* tersebut. Dengan ketentuan emisi CO₂ yang disebabkan oleh disposal (proses *landfill*) tersebut masih dibawah target yang ingin dicapai.

3. Peningkatan Target Jumlah yang Dipulihkan, Jumlah yang Dijual kepada *Recycler* dan Pengurangan Target Emisi CO₂

Dalam skenario analisis sensitivitas berikut ini, skenario 1 dibandingkan dengan skenari 4 dimana pada skenario 4 tingkat aspirasi atau target jumlah yang dipulihkan ditingkatkan menjadi 1,600 kg untuk jumlah komponen yang dipulihkan oleh produsen dan 900 kg untuk jumlah komponen yang dijual kepada *recycler*. Sementara target emisi CO₂ diturunkan dari 10,000 Kg – CO₂ menjadi 7,000 Kg – CO₂. Hasilnya didapatkan bahwa peningkatan tingkat aspirasi jumlah komponen yang dipulihkan dan penurunan target emisi CO₂ berpengaruh terhadap meningkatnya variabel keputusan sebagai berikut:

- Jumlah komponen yang didaur ulang atau dijual kepada *recycler* meningkat dari 799 kg menjadi 845 kg.
- Jumlah komponen yang dipulihkan oleh produsen meningkat dari 1,327 kg menjadi 1,600 kg.

- Jumlah Emisi CO₂ yang dihasilkan berkurang dari 10,000 Kg - CO₂ menjadi 7,565 Kg – CO₂.

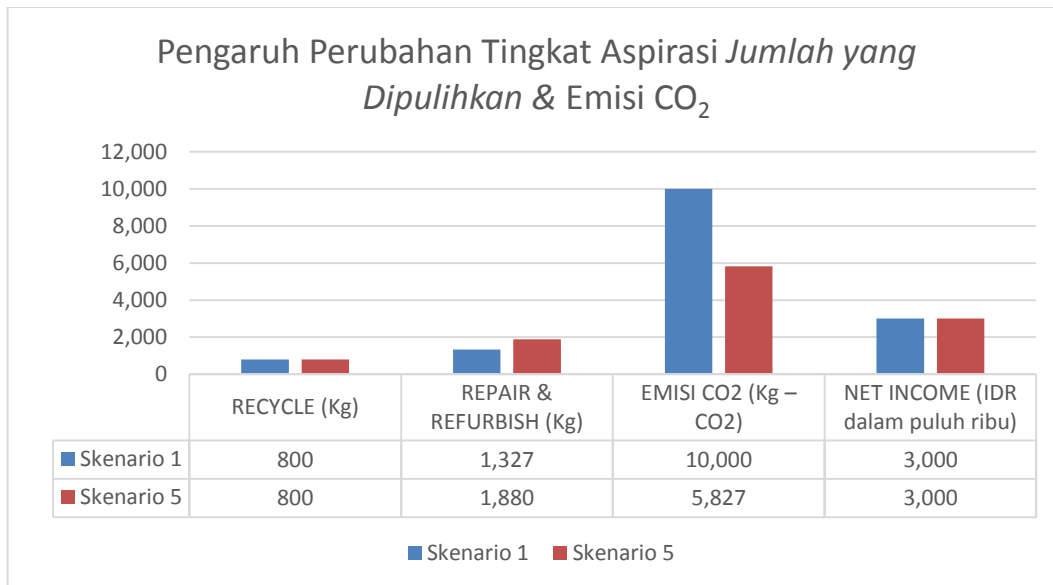


Gambar 5.11 Pengaruh Perubahan Tingkat Aspirasi Jumlah Pemulihan dan Emisi CO₂

Dari hasil aplikasi model untuk skenario diatas diperoleh bahwa tingkat aspirasi untuk jumlah komponen yang dipulihkan baik oleh produsen maupun yang dijual kepada *recycler* masih dapat ditingkatkan, selain itu tingkat aspirasi untuk menurunkan emisi CO₂ yang dihasilkan masih dapat tercapai dengan tingkat aspirasi *net income* yang sama dengan skenario – skenario sebelumnya.

4. Peningkatan Target Jumlah yang Dipulihkan dan Pengurangan Target Emisi CO₂

Dalam skenario analisis sensitivitas berikut ini, skenario 1 dibandingkan dengan skenario 5 dimana pada skenario 5 tingkat aspirasi atau target jumlah yang dipulihkan oleh produsen ditingkatkan menjadi 2,000 kg. Sementara target emisi CO₂ diturunkan dari 10,000 Kg – CO₂ menjadi 5,000 Kg – CO₂. Hasilnya didapatkan bahwa peningkatan target jumlah komponen yang dipulihkan dan penurunan target emisi CO₂ berpengaruh terhadap meningkatnya variabel keputusan untuk jumlah komponen pemulihan kendaraan dari 1,327 kg menjadi 1,880 kg dan penurunan emisi CO₂ dari 10,000 Kg – CO₂ menjadi 5,827 Kg – CO₂.



Gambar 5.12 Pengaruh Perubahan Tingkat Aspirasi *Net Income* & Emisi CO₂

Dari hasil aplikasi model diatas, diperoleh hasil analisis bahwa tingkat aspirasi Emisi CO₂ yang diturunkan dan tingkat aspirasi jumlah komponen kendaraan yang ditingkatkan dapat dicapai secara bersamaan dengan jumlah maksimal yang dapat dicapai seperti hasil diatas. Menentukan tingkat aspirasi yang diinginkan dengan tepat dapat mendorong produsen dalam merancang strategi pemulihan kendaraan yang paling optimal.

5.3.3 Analisis Perubahan Rasio Kemampuan Pemulihan Komponen Terhadap Variabel Keputusan

Setting rasio kemampuan pemulihan komponen yang tepat sangat menentukan perancangan strategi pemulihan komponen kendaraan EOL yang optimal. Oleh karena itu dalam aplikasi model berikutnya, skenario *disetting* seperti pada Tabel 5.24 berikut ini.

Tabel 5.24 *Setting* Skenario untuk Uji Sensitivitas Variabel Keputusan Terhadap Perubahan Parameter dengan Mempertimbangkan Prioritas Objektif

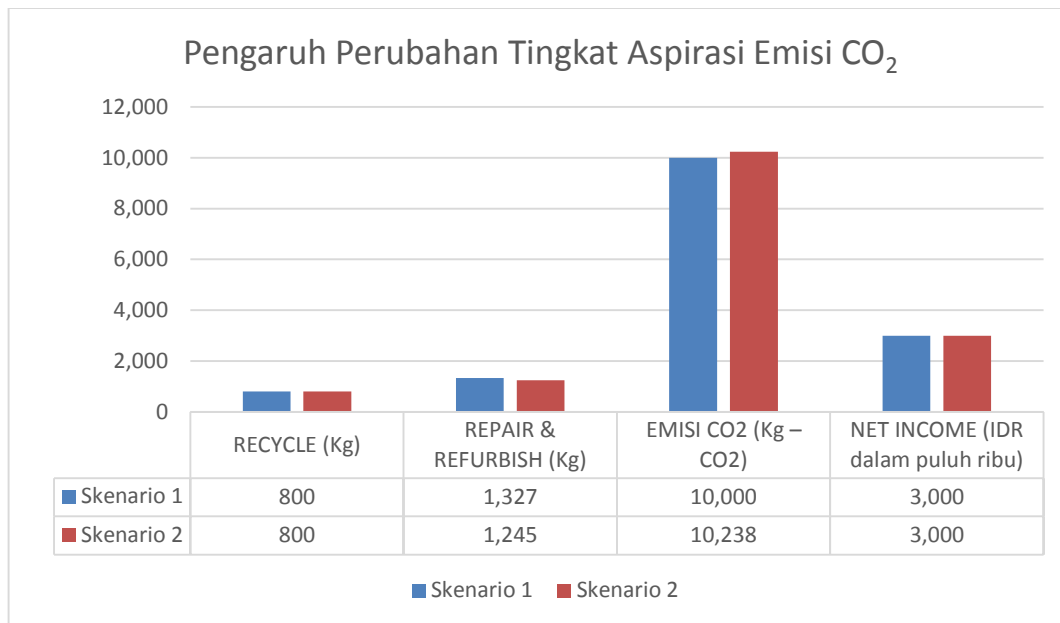
Skenario	<i>Setting</i> Skenario
1	Normal atau tidak ada perubahan
2	Perubahan rasio pemulihan komponen kendaraan EOL

Setting rasio diubah untuk mengetahui sensitivitasnya terhadap perubahan variabel keputusan seperti pada Tabel 5.25 berikut ini.

Tabel 5.25 Parameter Rasio Pemulihan Komponen untuk Masing – Masing Alternatif Pemulihan untuk Skenario 2

Komponen Assy (s) & Part (p)	No Part	Part Name (p) dari komp assy (s)	Fraksi yang Diinginkan				
			Refurbish	Repair			Recycle
				Part	Assy	Part/ Assy	
BATTERY	1	BATTERY ASSY	-	0.5	-	-	0.5
SPEEDOMETER	1	SPEEDOMETER ASSY,COMB	-	0.5	-	-	
MOTOR ASSY	1	MOTOR ASSY,STARTING	0.5	-	0.5	0.5	
	2	SWITCH ASSY,IGNITION		-		0.5	
	3	COVER ASSY,CLUTCH		-		0.5	
	4	YOKE ASSY		-		0.5	
	5	MOT OR & BRKT ASSY,WIPER		-		0.5	

Penurunan rasio jumlah komponen yang dipulihkan oleh produsen berkurang dari 1,327 kg menjadi 1,247 kg. Hasil ini menunjukkan bahwa penetapan rasio memberikan pengaruh terhadap variabel keputusan untuk merancang strategi pemulihan komponen kendaraan EOL.



Gambar 5.13 Pengaruh Penurunan Tingkat Aspirasi Emisi CO₂

Dari Gambar 5.13 diatas diperoleh hasil bahwa penurunan rasio tersebut juga berpengaruh terhadap tidak tercapainya target untuk meminimasi dampak lingkungan emisi CO₂ karena hasil yang diperoleh menyatakan bahwa jumlah emisi CO₂ yang dihasilkan meningkat menjadi 10,328 Kg – CO₂.

5.3.4 Analisis Perubahan Parameter terhadap Variabel Keputusan dengan Menentukan Prioritas Fungsi Objektif

Dalam analisis sensitivitas pada skenario ini, fungsi objektif diprioritaskan berdasarkan tingkat kepentingan produsen dalam menentukan strategi pemulihan komponen kendaraan EOL. Dimana urutan prioritasnya diasumsikan sebagai berikut:

1. Meningkatkan *Net Income*
2. Meminimasi Dampak Lingkungan (Emisi CO₂)
3. Meningkatkan Jumlah Komponen yang Dipulihkan oleh Produsen
4. Meningkatkan Jumlah Komponen yang Dijual kepada *Recycler*

Beberapa skenario dirancang untuk mengetahui sensitivitas variabel keputusan terhadap perubahan parameter yang dilakukan. Skenario awal dilakukan dengan tingkat aspirasi atau target sebagai berikut:

Target *Net Income* : IDR 30,000,000.-
 Target Emisi CO₂ : 10,000 Kg – CO₂

Target Pemulihan Komponen Kendaraan : 1,700 Kg

Target Penjualan / Daur Ulang oleh *Recycler*: 900 Kg

Informasi untuk parameter – parameter yang digunakan sesuai dengan data parameter yang dikumpulkan pada tahap pengumpulan data (Sub-Bab 5.1). Tingkat aspirasi atau target yang ditetapkan hampir sama dengan aplikasi model sebelumnya (aplikasi model tanpa memprioritaskan fungsi objektif), hanya menambah target untuk jumlah komponen yang dipulihkan dan dijual kepada *recycler*. Aplikasi model dengan tingkat aspirasi diatas dijadikan sebagai skenario 1 dan selanjutnya dibandingkan dengan skenario lain yang dijelaskan pada Tabel 5.26 dibawah.

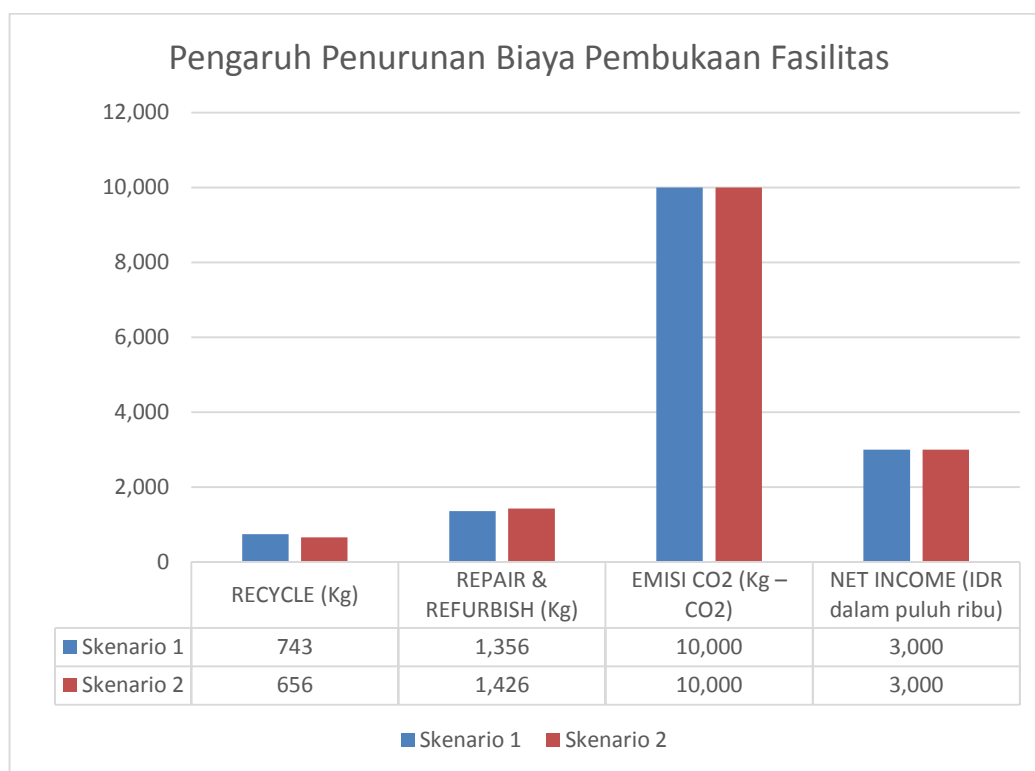
Tabel 5.26 *Setting* Skenario untuk Uji Sensitivitas Variabel Keputusan Terhadap Perubahan Parameter dengan Mempertimbangkan Prioritas Objektif

Skenario	<i>Setting</i> Skenario
1	Normal atau tidak ada perubahan
2	Pengaruh Penurunan Biaya Pembukaan Pabrik <i>Repair</i> dan Pabrik <i>Refurbish</i> sebesar 50%
3	Pengaruh Kenaikan Biaya Pembukaan Pabrik <i>Repair</i> dan Pabrik <i>Refurbish</i> sebesar 200%
4	Pengaruh Penurunan Biaya Pembukaan Pabrik <i>Refurbish</i> sebesar 75%
5	Pengaruh Peningkatan Tingkat Aspirasi <i>Net Income</i> sebesar 17%
6	Pengaruh Penurunan Tingkat Aspirasi Emisi CO ₂ sebesar 30 %
7	Pengaruh Penurunan Tingkat Aspirasi Emisi CO ₂ sebesar 50 %

1. Pengaruh Penurunan Biaya Pembukaan Pabrik *Repair* dan Pabrik *Refurbish* sebesar 50%

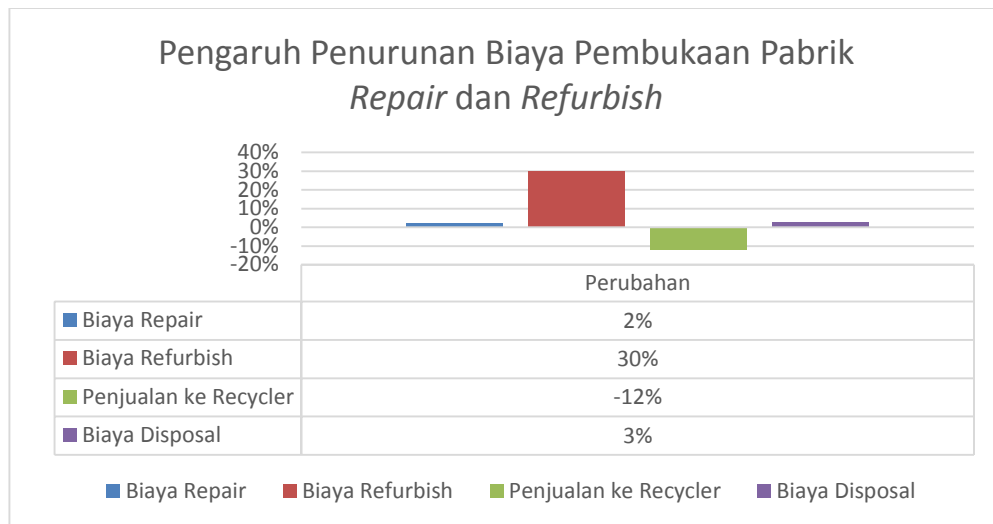
Pada uji sensitivitas ini, skenario 1 dibandingkan dengan skenario 2. Dengan menggunakan skenario 2, tingkat aspirasi *Net income* dan dampak lingkungan yang ditetapkan sebagai prioritas pertama dan kedua dapat tercapai.

Sementara jumlah target yang dipulihkan oleh produsen masih dibawah target yaitu sebesar 1,426 kg (naik sebesar 5%) dan jumlah yang dijual kepada *recycler* 656 kg (turun sebesar 12%). Hal ini disebabkan karena variabel keputusan yang dihasilkan lebih mengoptimalkan pencapaian tingkat aspirasi pertama dan kedua agar dapat terpenuhi. Penurunan parameter untuk biaya pembukaan fasilitas pabrik pemulihan ini berpengaruh untuk meningkatkan jumlah yang dipulihkan dan mengurangi jumlah yang dijual kepada *recycler*.



Gambar 5.14 Pengaruh Penurunan Biaya Pembukaan Pabrik *Repair* dan Pabrik *Refurbish*

Pengaruh penurunan biaya pembukaan fasilitas pabrik pemulihan ini memberikan dampak yang lebih besar dan meningkatkan biaya untuk komponen yang *direfurbish* sebesar 30%, sementara biaya untuk komponen yang *direpair* hanya mengalami peningkatan sebesar 2%. Secara rinci dilihat pada Tabel 5.15 dibawah.



Gambar 5.15 Pengaruh Penurunan Biaya Pembukaan Pabrik *Repair* dan Pabrik *Refurbish* Terhadap Persentase Biaya Pemulihan

Peningkatan biaya *refurbish* ini menunjukkan bahwa jumlah komponen yang *direfurbish* mengalami peningkatan yang lebih besar persentasinya dibandingkan dengan kenaikan komponen yang *direpair*. Jumlah peningkatan *repair* yang tidak signifikan ini disebabkan oleh jumlah komponen yang *direpair* pada skenario 1 sudah maksimal sesuai rasio komponen yang dapat *direpair*, yaitu sebesar 0.7 dari total komponen yang *disassembly*. Jumlah komponen yang *direpair* sudah mencapai 105 unit untuk *battery* dan *speedometer* dari total komponen masuk sebesar 150 unit yang dapat dipulihkan (Lihat Tabel 5.27).

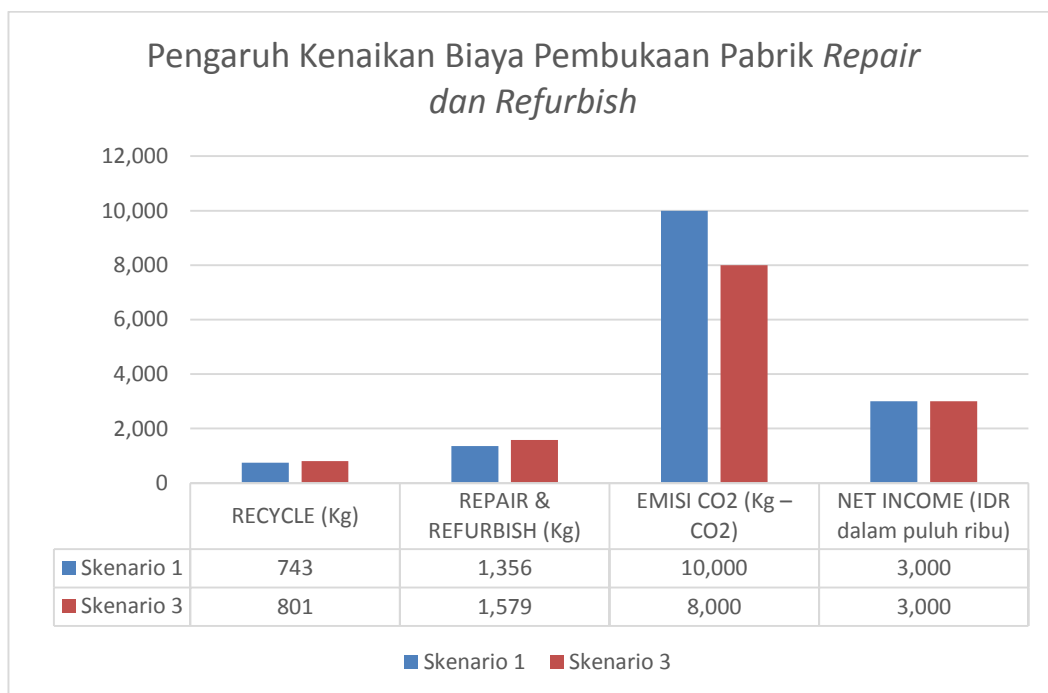
Tabel 5.27 Perbandingan Jumlah Komponen Yang Dipulihkan Untuk Masing – Masing Alternatif Pemulihan Komponen Kendaraan EOL

Part / Assy	Variabel Keputusan	Asal	Tujuan	Skenario 1	Skenario 2
Baterai	XDRP	Disassembly	Repair	105	105
Baterai	XDLP	Disassembly	Disposal	45	45
Baterai	XDEP	Repair	Dealer	105	105
Speedometer	XDRP	Disassembly	Repair	105	105
Speedometer	XDLP	Disassembly	Disposal	45	45
Speedometer	XDEP	Repair	Dealer	105	105
Motor Assy	XDCS	Disassembly	Recycler	88	78
Motor Assy	XDR	Disassembly	Refurbish	26	34

Ket: Hasil yang diinput bukan jumlah secara keseluruhan

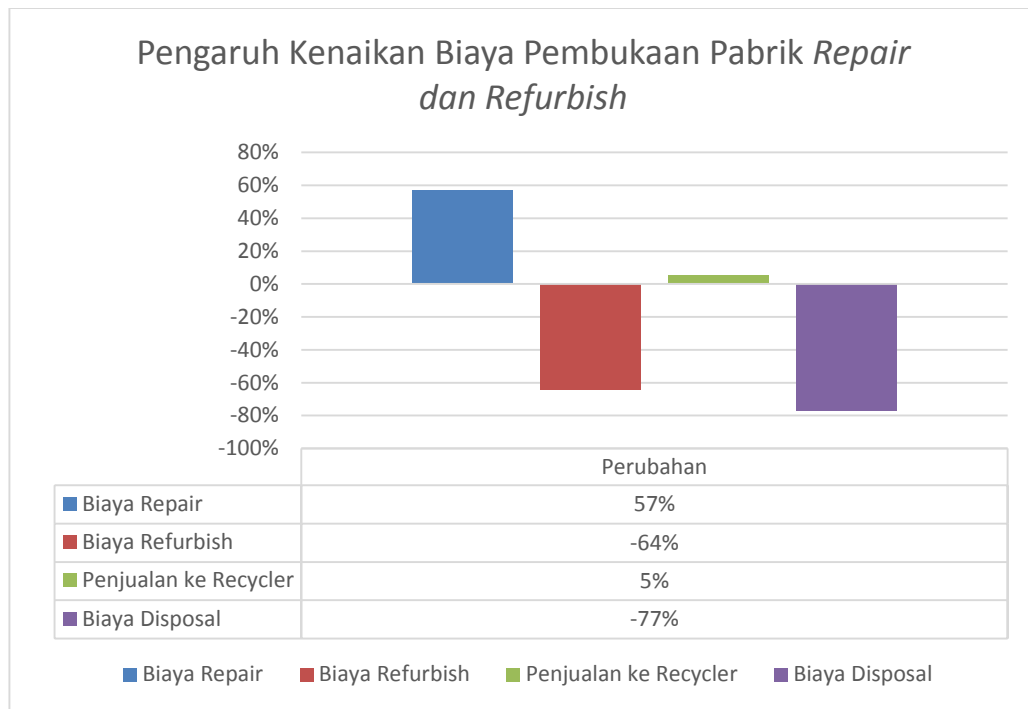
2. Pengaruh Kenaikan Biaya Pembukaan Pabrik *Repair* dan Pabrik *Refurbish* sebesar 200%

Pada uji sensitivitas ini, skenario 1 dibandingkan dengan skenario 3. Perubahan parameter biaya pembukaan pabrik pemulihan untuk *repair* dan *refurbish* menyebabkan jumlah komponen yang dijual kepada *recycler* bertambah sebesar 8% (lihat Gambar 5.16). Selain itu, perubahan parameter ini harus diikuti dengan penurunan target emisi menjadi 8,000 Kg- CO₂.



Gambar 5.16 Pengaruh Perubahan Kenaikan Biaya Pembukaan Pabrik *Repair* dan Pabrik *Refurbish*

Jika dilihat pada Gambar 5.17, peningkatan biaya pembukaan pabrik *repair* dan *refurbish* menyebabkan meningkatnya jumlah biaya *repair* sebesar 57%. Hal tersebut disebabkan karna komponen *assy (motor assy)* yang pada skenario 1 direkomendasikan untuk *direfurbish*, pada skenario 3 direkomendasikan untuk *direpair*.

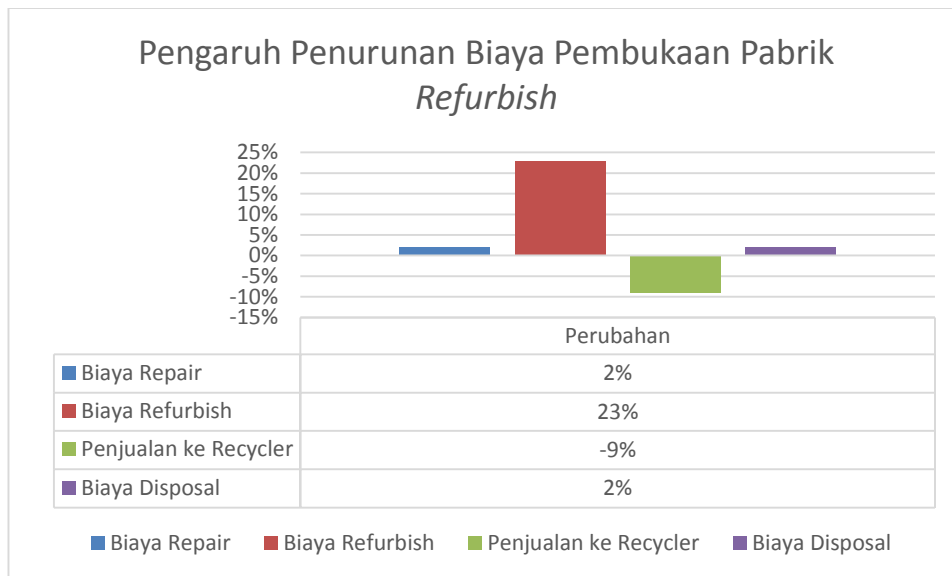


Gambar 5.17 Pengaruh Kenaikan Biaya Pembukaan Pabrik *Repair* dan Pabrik *Refurbish* Terhadap Persentase Biaya Pemulihan

Pilihan *repair* lebih direkomendasikan karena biaya dan emisi CO₂ untuk melakukan *repair* yang lebih rendah dari alternatif pemulihan komponen dengan proses *refurbish*. Penurunan target emisi menjadi 8000 Kg-CO₂ menyebabkan beberapa komponen yang sebelumnya didisposasi berkurang, sehingga biaya disposasi turun sebesar 77%.

3. Pengaruh Penurunan Biaya Pembukaan Pabrik *Refurbish* sebesar 75%

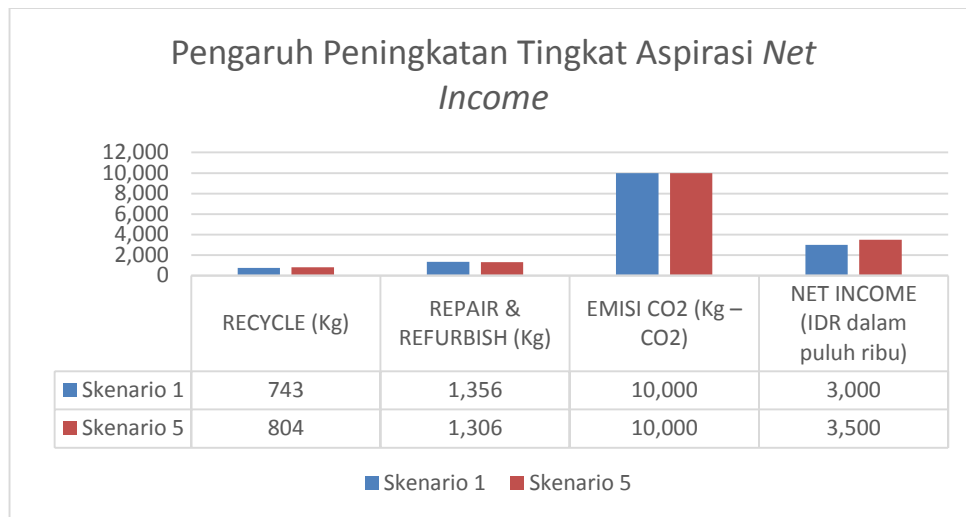
Pada uji sensitivitas ini, skenario 1 dibandingkan dengan skenario 4. Perubahan parameter untuk biaya pembukaan pabrik *refurbish* yang turun sebesar 75% menyebabkan jumlah komponen yang dipulihkan dengan teknik *refurbish* meningkat, hal tersebut ditunjukkan pada Gambar 5.18 dibawah yang menjelaskan terjadi peningkatan biaya *refurbish* sebesar 23%. Jumlah peningkatan tersebut berasal dari beberapa komponen *assy* yang pada skenario 1 dijual kepada *recycler* (ditunjukkan dengan penurunan biaya untuk *recycler* sebesar 9%).



Gambar 5.18 Pengaruh Penurunan Biaya Pembukaan Pabrik *Refurbish* Terhadap Persentase Biaya Pemulihan

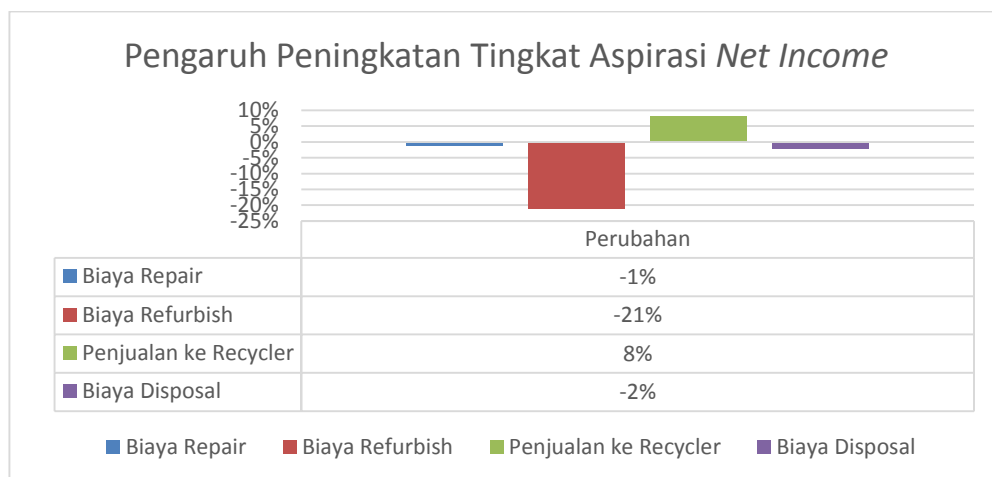
4. Pengaruh Peningkatan Tingkat Aspirasi *Net Income* sebesar 17%

Pada uji sensitivitas ini, skenario 1 dibandingkan dengan skenario 5. Meningkatnya tingkat aspirasi *Net Income* menjadi sebesar IDR 35,000,000.- menyebabkan berkurangnya jumlah komponen yang direkomendasikan untuk dipulihkan oleh produsen yaitu menjadi sebesar 1,306 kg atau berkurang sebesar 3.7 %. Sementara jumlah komponen yang dijual kepada produsen meningkat menjadi 804 kg atau sebesar 8.2 %. Hal ini mengindikasikan bahwa penjualan komponen kepada *recycler* lebih menguntungkan dibandingkan dengan melakukan pemulihan komponen oleh produsen.



Gambar 5.19 Pengaruh Peningkatan Tingkat Aspirasi *Net Income* Sebesar 17%

Jika dilihat secara rinci pada Gambar 5.20, biaya untuk *refurbish* berkurang sebesar 21% yang disebabkan oleh berkurangnya jumlah komponen yang *direfurbish*. Rekomendasi untuk meningkatkan penjualan komponen kendaraan kepada *recycler* disebabkan oleh biaya untuk melakukan proses *refurbish* yang cukup tinggi.

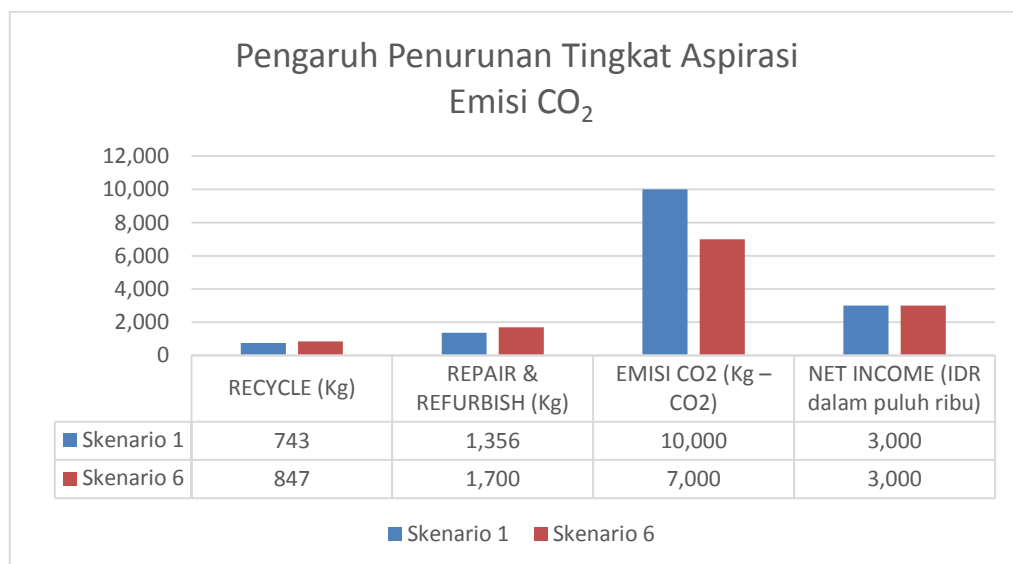


Gambar 5.20 Pengaruh Peningkatan Tingkat Aspirasi *Net Income* Sebesar 17% Terhadap Persentase Biaya Pemulihan

Berdasarkan hasil diatas diperoleh rekomendasi kepada produsen untuk memenuhi target peningkatan *net income* yang ditetapkan, alokasi untuk biaya *refurbish* harus dikurangi dengan menggunakan alternatif pemulihan komponen lain yang biayanya lebih rendah seperti penjualan kepada *recycler*.

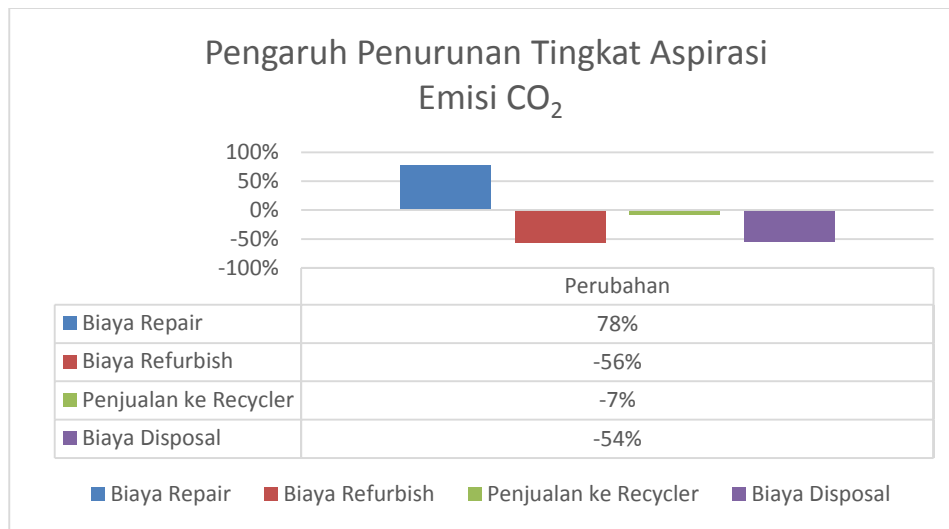
5. Pengaruh Penurunan Tingkat Aspirasi Emisi CO₂ sebesar 30 %

Pada uji sensitivitas ini, skenario 1 dibandingkan dengan skenario 6. Pada analisis sensitivitas skenario ini, jumlah tingkat aspirasi untuk Emisi CO₂ yang dihasilkan dari alternatif pemulihan komponen kendaraan yang dipilih diturunkan sebesar 30 % menjadi 7000 kg - CO₂. Perubahan tingkat aspirasi ini menyebabkan meningkatnya jumlah komponen yang dijual kepada *recycler* sebesar 14 % dan meningkatnya jumlah komponen yang dipulihkan oleh produsen sebesar 25 %.



Gambar 5.21 Pengaruh Peningkatan Tingkat Aspirasi Emisi CO₂ Sebesar 30%

Secara rinci perubahan variabel keputusan yang disebabkan oleh penurunan target emisi CO₂ sebesar 30% tersebut menyebabkan meningkatnya biaya *repair* sebesar 78 % dan berkurangnya biaya *refurbish* sebesar 56 %. Ini disebabkan karena emisi CO₂ yang dihasilkan untuk teknik *repair* lebih rendah dari emisi CO₂ yang dihasilkan dari teknik *refurbish*. Sementara untuk jumlah penjualan kepada *recycler*, meskipun jumlahnya meningkat tetapi pendapatan dari penjualan tersebut berkurang sebesar 7 %.



Gambar 5.22 Pengaruh Peningkatan Tingkat Aspirasi Emisi CO₂ Sebesar 30% Terhadap Persentase Biaya Pemulihan

Berkurangnya pendapatan dari *recycler* tersebut disebabkan oleh bergantinya jenis komponen yang dijual kepada *recycler*, sehingga komponen yang mempunyai nilai jual lebih tinggi diutamakan untuk *direpair*. Jadi meskipun jumlah komponen yang *direpair* bertambah, pendapatan dari *recycler* tersebut berkurang karena harga jual komponen yang lebih rendah (Lihat Tabel 5.28).

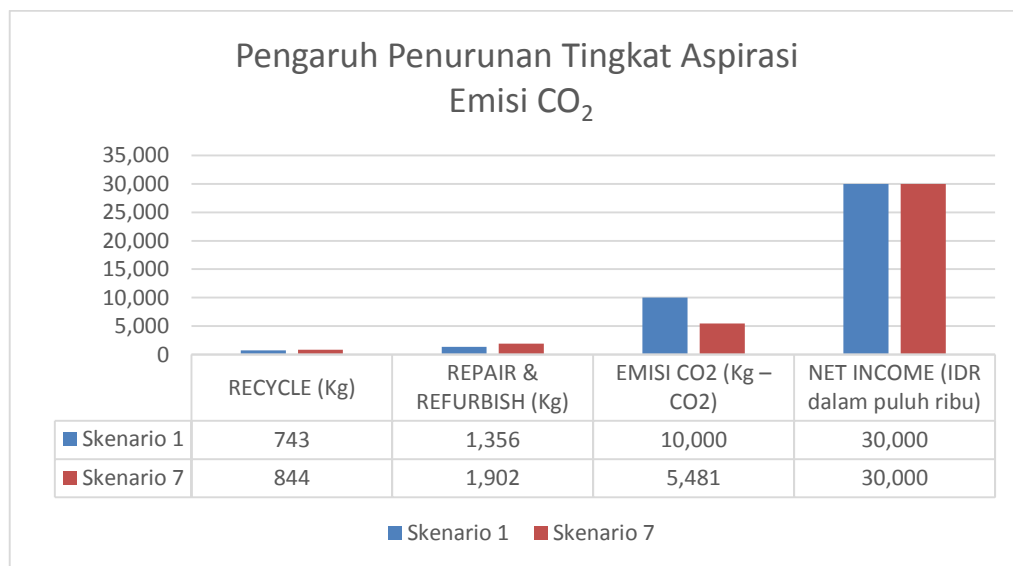
Tabel 5.28 Perbandingan Jumlah Komponen Yang Dijual Kepada Recycler

Part / Assy	Variabel Keputusan	Asal	Tujuan	Skenario 1	Skenario 2
Baterai	XDCP	Disassembly	Recycler	0	20
Motor Assy	XDCS	Disassembly	Recycler	88	76
Motor Part 2	XDLPS	Disassembly	Recycler	11	0

Perubahan komponen yang dijual kepada *recycler* mempengaruhi total berat komponen yang dijual, ini disebabkan oleh baterai yang memiliki berat lebih besar dari *Motor assy* dan *Part* dari *Motor Assy*. Sementara harga jual komponen *Motor assy* sebesar IDR 110 /gram lebih mahal dari komponen *battery* sebesar IDR 21.25/ gram. Sehingga meskipun jumlah berat komponen yang dijual kepada *recycler* meningkat, tetapi pendapatan menjadi turun sebesar 7%.

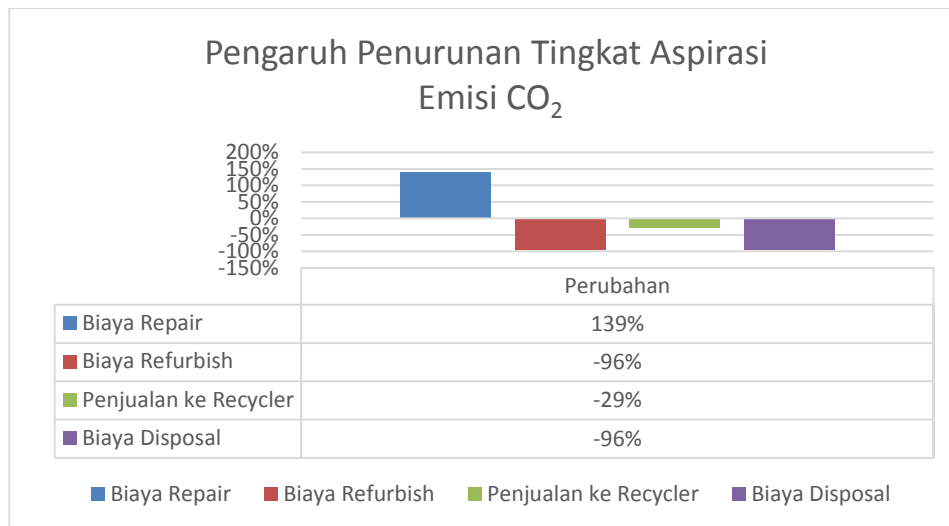
6. Pengaruh Penurunan Tingkat Aspirasi Emisi CO₂ sebesar 50 %

Pada uji sensitivitas ini, skenario 1 dibandingkan dengan skenario 7 dimana pada skenario 7 tingkat aspirasi emisi diturunkan sebesar 50%. Perubahan tingkat aspirasi ini menyebabkan tingkat aspirasi untuk jumlah komponen yang dipulihkan oleh produsen harus ditingkatkan menjadi 2,000 kg. Hal ini menunjukkan bahwa jumlah pemulihan komponen oleh produsen dapat mendukung penekanan emisi CO₂ yang diakibatkan dari alternatif pemulihan komponen yang dipilih.



Gambar 5.23 Pengaruh Peningkatan Tingkat Aspirasi Emisi CO₂ Sebesar 50%

Perubahan tingkat aspirasi ini memberikan dampak perubahan variabel keputusan yang signifikan terhadap komponen yang dipulihkan. Jumlah komponen yang dipulihkan oleh produsen meningkat sebesar 40% menjadi 1,902 kg, sementara jumlah penjualan kepada *recycler* juga meningkat sebesar 14%.



Gambar 5.24 Pengaruh Peningkatan Tingkat Aspirasi Emisi CO₂ Sebesar 50% Terhadap Persentase Biaya Pemulihan

Jika dilihat pada gambar diatas, biaya untuk *repair* meningkat sebesar 139% dan biaya untuk *refurbish* turun sebesar 96 % atau setara dengan penurunan biaya untuk disposai. Hal ini menunjukkan bahwa teknik *repair* paling direkomendasikan untuk membantu produsen dalam mencapai penurunan tingkat aspirasi emisi CO₂

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada Bab ini dilakukan penarikan kesimpulan terhadap hasil penelitian yang diperoleh, serta pemberian saran untuk penelitian selanjutnya.

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan aplikasi model yang dilakukan pada Bab 5, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Penelitian ini telah mengidentifikasi beberapa *goal* atau sasaran yang berpengaruh dalam menetapkan strategi pemulihan komponen kendaraan EOL, diantaranya: keuntungan, dampak lingkungan (emisi CO₂) jumlah komponen yang dipulihkan oleh produsen dan jumlah komponen yang dijual kepada *recycler*.
2. Model matematis yang dirancang dalam menetapkan strategi jaringan pemulihan dan menentukan alternatif pemulihan untuk masing – masing komponen kendaraan EOL dengan pendekatan multi objektif dan metode *goal programming* dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan sesuai dengan *goal* atau sasaran yang ingin dicapai. Dari uji validasi yang dilakukan dengan menggunakan *software lingo 11*, model yang dirancang dapat memberikan output sesuai dengan asumsi awal penelitian.
3. Aplikasi model untuk merancang strategi pemulihan komponen kendaraan pada produsen Z untuk jenis Y sesuai dengan data – data yang digunakan pada tahap aplikasi model dan uji validasi, yaitu sebanyak 110 unit komponen (*part* atau *assy part*) *direpair*, 1 unit komponen *direfurbish*, 298 unit komponen dijual kepada *recycler* dan sebanyak 62 unit komponen harus *dilandfill*. Pemulihan dengan teknik *repair* lebih direkomendasikan dibandingkan dengan teknik *refurbish* dikarenakan biaya proses *repair* dan jumlah emisi CO₂ yang lebih rendah. Sementara penjualan kepada *recycler* paling direkomendasikan karena pengaruh rasio pemulihan komponen oleh produsen yang sangat terbatas.

4. Dari hasil analisis sensitivitas dengan melakukan perubahan biaya pembukaan fasilitas, diperoleh hasil bahwa parameter biaya untuk pembukaan fasilitas pabrik pemulihan, yaitu pabrik *repair* dan pabrik *refurbish* mempengaruhi alternatif pemulihan komponen kendaraan EOL yang dipilih. Sehingga modal yang disediakan untuk membangun fasilitas untuk masing – masing alternatif menentukan alternatif yang dipilih untuk memulihkan komponen – komponen kendaraan EOL yang ada saat ini.
5. Dari hasil analisis sensitivitas dengan melakukan perubahan target atau tingkat aspirasi untuk *net income*, diperoleh hasil bahwa peningkatan tingkat aspirasi untuk objektif pencapaian *net income* dapat berpengaruh terhadap jumlah pemulihan komponen kendaraan oleh produsen, dapat dilihat pada analisis perubahan tingkat aspirasi *net income* terhadap variabel keputusan. Diperoleh dengan meningkatkan *net income* dari IDR 30 juta menjadi IDR 35 juta, jumlah komponen yang dipulihkan oleh produsen turun dari 1,327 kg menjadi 1,292 kg. Hal tersebut disebabkan karena biaya untuk pemulihan yang lebih tinggi dibandingkan dengan penjualan kepada *recycler* ataupun *landfill* komponen.
6. Dari hasil analisis sensitivitas dengan melakukan perubahan target atau tingkat aspirasi untuk jumlah komponen yang dipulihkan oleh produsen dan dijual kepada *recycler*, diperoleh hasil bahwa Peningkatan tingkat aspirasi untuk objektif jumlah pemulihan komponen oleh produsen dan *recycler* serta penurunan tingkat aspirasi untuk objektif jumlah emisi CO₂ yang dihasilkan dapat dicapai secara bersamaan. Dimana ketika jumlah komponen yang dipulihkan meningkat, jumlah emisi CO₂ yang dihasilkan dapat berkurang.
7. Dari hasil analisis sensitivitas perubahan rasio kemampuan pemulihan komponen kendaraan EOL, diperoleh bahwa perubahan rasio untuk kemampuan pemulihan komponen kendaraan EOL sangat berpengaruh terhadap variabel keputusan untuk menentukan strategi pemulihan komponen kendaraan EOL. Tingkat rasio pemulihan sangat berpengaruh terhadap pencapaian target dari objektif jumlah komponen yang dipulihkan baik oleh produsen maupun *recycler*.

8. Tingkat prioritas fungsi objektif yang ingin dicapai oleh produsen berpengaruh terhadap strategik pemulihan komponen kendaraan yang direkomendasikan dengan memprioritaskan objektif pertama sebagai sasaran yang harus dicapai terlebih dahulu, setelah tercapai objektif kedua diprioritaskan sebagai sasaran selanjutnya sampai dengan objektif terakhir. Dengan memberikan tingkat prioritas, hasil *running* dari model yang dirancang akan memenuhi objektif pertama dan kedua untuk mencapai target, sementara objektif ketiga dan keempat pencapaian masih dibawah target (*under achievement*).

6.2 Saran

Adapun saran berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dan model yang dirancang untuk jaringan pemulihan kendaraan EOL sebagai rekomendasi untuk penelitian selanjutnya antara lain:

1. Parameter emisi CO₂ yang ditetapkan dapat dibuat menjadi lebih rinci, misal: emisi dari proses pemulihan dari konsumsi energi dan lainnya.
2. Penentuan rasio kemampuan pemulihan komponen kendaraan untuk masing – masing alternatif sangat berpengaruh terhadap variabel keputusan, sehingga untuk penelitian selanjutnya dapat dilakukan penelitian khusus untuk menentukan rasio kemampuan pemulihan komponen – komponen kendaraan berdasarkan alternatif pemulihan kendaraan yang dipilih.
3. Untuk menentukan strategi pemulihan komponen kendaraan lebih dari 1 jenis produk dimana karakter komponen produknya berbeda, dapat dikembangkan parameter – parameter baru, misal: biaya inspeksi untuk komponen X dari Produk Y sehingga membentuk suatu sub – model baru yang terkait dengan jenis inspeksi yang dibutuhkan.
4. Tingkat kualitas produk yang dikumpulkan pada pusat pengumpulan kendaraan EOL dapat diklasifikasikan untuk membedakan kompensasi yang diberikan kepada konsumen.
5. Model dapat dikembangkan dengan mempertimbangkan periode waktu, misalnya permintaan komponen dan persediaan komponen pada lokasi dealer atau *assembly plant* per periode yang tidak tetap jumlahnya.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

- Australian Greenhouse Office 2000, "Global Warming Cool It", Commonwealth of Australia, Canberra", diambil dari <http://www.environment.gov.au>, diakses tanggal 30 Agustus 2014.
- Bachmann T, Kamp J (2014), "Environmental cost-benefit analysis and the EU (European Union) Industrial Emissions Directive: Exploring the societal efficiency of a DeNOx retrofit at a coal-fired power plant", Energi No.68, hal. 125-139.
- Berita Harian (2015 05 07), "Terkontaminasi Timbel, Pemulihan Lahan Desa Cinangka Akan Dilanjutkan", Retrieved 2015 05 08, dari <http://www.greeners.co/berita/terkontaminasi-timbel-pemulihan-lahan-desa-cinangka-akan-dilanjutkan>.
- Choudary Devendra dan Shankar Ravi (2014), "A goal programming model for joint decision making of inventory lot-size, supplier selection and carrier selection", Computers & Industrial Engineering No.71, hal. 1–9.
- Ciptomulyono, Udisubakti (2013), "A Multiobjective Programming Approach For Waste Management Strategy In A Developing Country", The Development Technologies Centre-University of Melbourne. Carlton. VIC. 3052, Australia.
- Ciptomulyono, Udisubakti (2001), "Pengembangan Model Multi Criteria Decision Making Model (MCDM) untuk Optimalisasi Pemilihan Pembangkit Energi Listrik di Sistem Jawa – Bali", Hibah *Project Due Like-ITS*.
- Ciptomulyono, Udisubakti (2010), "Pidato Pengukuhan untuk Jabatan Guru Besar: Paradigma Pengambilan Keputusan Multikriteria Dalam Perspektif Pengembangan Proyek dan Industri Yang Berwawasan Lingkungan", Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Environment Tools (2010), "GHG Protocol Launches Scope 3 and Product Standard Road Testing", Retrieved 2014 10 10, dari <http://www.environmenttools.co.uk/news/view/article>.
- Farel R, Yannou B, Ghaffari A, Leroy Y (2013), "A cost and benefit analysis of future End-of-Life vehicle glazing recycling in France: A systematic approach", Resources, Conservation and Recycling No.74, hal. 54– 65.
- Frost & Sullivan (2013 01 17), "Frost & Sullivan Prediksi Industri Otomotif Indonesia Tumbuh 7.5% y-o-y Capai 1.2 Juta Unit", Retrieved 2014 10 10, dari <http://www.frost.com/prod/servlet/press-release.pag?docid=272794703>.
- Gehin A, Zwolinski P, Brissaud D (2008), "A tool to implement sustainable End-of-Life strategies in the product development phase", Journal of Cleaner Production No.16, hal. 566 - 576.
- Gerrard, J., Kandlikar, M., 2007, "Is European End-of-Life vehicle legislation living upto expectations? Assessing the impact of the ELV Directive on 'green' innovation and vehicle recovery", J. Cleaner Prod, hal. 17-27.

- Global Heat Treatment Network (2015), "2nd Central Eastern European Heat Treatment Forum & Expo", Retrieved 2015 05 05, dari <http://global-heat-treatment-network.com/en/news>.
- Go T.F, Wahab D, Rahman M, Ramli R, Azhari C (2011) , "Disassemblability of end-of-life vehicle: a critical review of evaluation methods", Journal of Cleaner Production No.19, hal.1536 – 1546.
- Gradin K, Luttrupp C, Björklund A (2013), "*Investigating improved vehicle dismantling and fragmentation technology*", Journal of Cleaner Production No.54, hal. 23-29.
- Guintini Ron, Gaudette Kevin (2003), "*Remanufacturing: The next great opportunity for boosting US productivity*", Business Horizon / November – December 2003.
- Gunasekaran A, Spalanzani A (2012), "*Sustainability of manufacturing and services: Investigations for research and applications*", Int. J. Production Economics No.140, hal. 35–47.
- Harian merdeka (2013 10 22), "Penjualan Suzuki Carry Pick Up menggoyang Karawang", Retrived 20 04, 2015, dari website <http://www.merdeka.com/otomotif/penjualan-suzuki-carry-pick-up-menggoyang-karawang.html>.
- Harraz N, Galal N (2011), "Design of Sustainable *End-of-Life* Vehicle recovery network in Egypt", Ain Shams Engineering Journal No.2, hal. 211-219.
- Jababeka (2014), " Membangun 100 kota", Retrived 20 04, 2015, dari website <http://www.jababeka.com/id>.
- Kementrian lingkungan hidup (2013, 12 18), "Pemulihan Lahan Terkontaminasi Limbah B3 Dengan Cara *Encapsulation In Situ*", Retrieved 10 12, 2014, dari website <http://www.menlh.go.id/pemulihan-lahan-terkontaminasi-limbah-b3-dengan-cara-encapsulation-in-situ/>.
- Kementrian perindustrian (2011 11 01), "Kawasan industri baru bakal dibangun di Jawa Barat senilai Rp 4 triliun", Retrived 01 02, 2015, dari website <http://www.kemenperin.go.id/artikel/793/Kawasan-Industri-Baru-Bakal-Dibangun-Di-Jawa-Barat-Senilai-Rp-4-Triliun>.
- Khalili N, Duecker S (2013), "*Application of multi-criteria decision analysis in design of sustainable environmental management sistem framework*", Journal of Cleaner Production No.47, hal. 188-198.
- Koran sindo (2015 10 26), "Suzuki Optimistis Market Share Pelat H 14,8 %", Retrived 01 02, 2015, dari website <http://www.koran-sindo.com/read/955715/151/suzuki-optimistis-market-share-pelat-h-14-8-1422247145>.
- Kumar S, Putnam V (2008), "*Cradle to cradle: Reverse logistics strategies and opportunities across three industri sectors*", Int. J. Production Economics No.115, hal. 305– 315.
- Krinke S, Zimmer B, Goldmann D (2005), "Life cycle assessment of end-of-life vehicle treatment : Comparisson of the VW-SiCon process and the dismantling of plastic components followed by mechanical recycling", Volkswagen AG.

- Mittal V, Sangwan K (2014), "*Prioritizing Drivers for Green Manufacturing: Environmental, Sosial and Economic Perspectives*", *Procedia CIRP* No.15, hal. 135 – 140.
- Ozgir, V. dan Basligil, H (2012), "*Modelling product-recovery processes in closed-loop supply-chain network design*", *International Journal of Production Research* Vol. 50, No. 8, 2218–2233.
- Pati Rupesh K, Vrat P, Kumar P (2006), "A goal programming model for paper recycling recycling sistem", *Omega* No.36, hal. 405 – 417.
- PEF World Forum (2010), "*Sixty Corporations begin roadtesting of new WRI / WBCSD Product Life Cycle and Scope 3 standards*", diambil dari <http://www.pef-world-forum.org/category/standards> , diakses tanggal 30 Agustus 2014.
- Pemerintahan Provinsi Jawa barat (2012 10 22), "Melalui Mega Carry Extra, Suzuki Bidik Petani Jabar", Retrived 01 02, 2015, dari website <http://www1.jabarprov.go.id/index.php/news/5296/2012/10/22/Melalui-Mega-Carry-Extra-Suzuki-Bidik-Petani-Jabar>.
- Promo Suzuki (2012 11 01)," Jawa Barat Menjadi Target Suzuki Mega Carry Extra Pick-Up", Retrived 01 02, 2015, dari website <http://www.promosuzuki.com/jawa-barat-menjadi-target-suzuki-mega-carry-extra-pickup.html>.
- Regional investment, "Profil Daerah Jawa Timur: Kawasan Industri". Retrived 20 04, 2015, dari website <http://regionalinvestment.bkpm.go.id/newsipid/kawasanindustri.php?ia=35&is=51>.
- Romero Carlos (1991), "Handbook of Critical Issues in Goal Programming", Pergamon Press.
- Tempo.co (2013 08 21), " Indonesia Pasar Otomotif Terbesar di ASEAN", Retrieved 2014 10 10, dari website <http://bisnis.tempo.co/read/news/2013/08/21/090506006/Indonesia-Pasar-Otomotif-Terbesar-di-ASEAN>.
- Ting Y, Ng, Feng W, Lu, Bin, Song (2014), "*Quantification of End-of-Life Product Condition to Support Product Recovery Decision*", *Procedia CIRP* No.15, hal. 257 – 262.
- Young Angelo (2013), "*Here's Why Five Countries Saw Double-Digit Growth In 2013 Sales Of New Cars And Light Trucks*", diambil dari <http://www.ibtimes.com/> (International Business Time) diakses tanggal 30 Agustus 2014.
- Zhang H, Haapala K (2014), " *Integrating sustainable manufacturing assessment into decision making for a production work cell*", *Journal of Cleaner Production* xxx .
- Ziout A, Azab A, Altarazi S, ElMaraghy W.H (2013), "*Multi-criteria decision support for sustainability assessment of manufacturing sistem reuse*", *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology* No. 6, hal. 59–69.
- Ziout A, Azab A, Atwan M (2014), "A holistic approach for decision on selection of End-of-Life products recovery options", *Journal of Cleaner Production* No.65, hal. 497-516.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

**Lampiran 1.a. Coding dengan Lingo 11 dan Hasil Aplikasi Model untuk Uji
Validasi (Sub – Bab 5.2.1)**

```
sets:
pusat_pengumpulan/1..4/:KPK;!k;
pabrik_disassembly/1..3/:YDA,KDA,FDA;!j;
pabrik_repair/1..3/:YRP,KRP,FRP;!h;
pabrik_refurbish/1..3/:YRF,KRF,FRF;!i;
recycler/1..1/::!r;
assembly_plant/1..1/::!a;
dealer/1..4/::!d;
tipe_produk/1..1/:MEOL,W,BI,BTR,T;!q;
tipe_assembly/1..1/::!s;
tipe_part/1..5/::!p;
limbah/1..1/::!l;
QSID(tipe_produk,tipe_assembly,pabrik_refurbish,dealer):XRD;
QSHD(tipe_produk,tipe_assembly,pabrik_repair,dealer):XDES;
QSD(tipe_produk,tipe_assembly,dealer):PDES;
QSIA(tipe_produk,tipe_assembly,pabrik_refurbish,assembly_plant):XR
A;
QSHA(tipe_produk,tipe_assembly,pabrik_repair,assembly_plant):XAPS;
QSA(tipe_produk,tipe_assembly,assembly_plant):PAPS;
QPHD(tipe_produk,tipe_part,pabrik_repair,dealer):XDEP;
QPD(tipe_produk,tipe_part,dealer):PDEP;
QPHA(tipe_produk,tipe_part,pabrik_repair,assembly_plant):XAPP;
QPA(tipe_produk,tipe_part,assembly_plant):PAPP;
QPSHD(tipe_produk,tipe_part,tipe_assembly,pabrik_repair,dealer):XD
EPS;
QPSD(tipe_produk,tipe_part,tipe_assembly,dealer):PDEPS;
QPSHA(tipe_produk,tipe_part,tipe_assembly,pabrik_repair,assembly_p
lant):XAPPS;
QPSA(tipe_produk,tipe_part,tipe_assembly,assembly_plant):PAPPS;
QSJI(tipe_produk,tipe_assembly,pabrik_disassembly,pabrik_refurbish
):XDR;
QSI(tipe_produk,tipe_assembly,pabrik_refurbish)::;
QSJH(tipe_produk,tipe_assembly,pabrik_disassembly,pabrik_repair):X
DRS;
QSH(tipe_produk,tipe_assembly,pabrik_repair)::;
QPJH(tipe_produk,tipe_part,pabrik_disassembly,pabrik_repair):XDRP;
QPH(tipe_produk,tipe_part,pabrik_repair)::;
QPSJH(tipe_produk,tipe_part,tipe_assembly,pabrik_disassembly,pabri
k_repair):XDRPS;
QPSH(tipe_produk,tipe_part,tipe_assembly,pabrik_repair)::;
QJK(tipe_produk,pabrik_disassembly,pusat_pengumpulan):XQ;
QS(tipe_produk,tipe_assembly):aa,alpha,gammaS,WS,BRS,BR,BIS,BIRS,B
PDS,ERS,EPS,EF,BTS,HDS,HAS,HRS,TR,TRS;
QSJR(tipe_produk,tipe_assembly,pabrik_disassembly,recycler):XDCS;
QSJ(tipe_produk,tipe_assembly,pabrik_disassembly):XS;
QP(tipe_produk,tipe_part):b,gammaP,WP,BRP,BLP,BIP,BPDP,ERP,EPP,ELP
,BTP,HDP,HAP,HRP,TRP;
QPJL(tipe_produk,tipe_part,pabrik_disassembly,limbah):XDLP;
QPJR(tipe_produk,tipe_part,pabrik_disassembly,recycler):XDGP;
QPJ(tipe_produk,tipe_part,pabrik_disassembly)::;
QPS(tipe_produk,tipe_part,tipe_assembly):f,gammaPS,WPS,BRPS,BLPS,B
IPS,BPDPS,ERPS,EPPS,ELPS,BTPS,HDP, HAPS,HRPS,TRPS;
```

```

QPSJL(tipe_produk,tipe_part,tipe_assembly,pabrik_disassembly,limba
h):XDLPS;
QPSJR(tipe_produk,tipe_part,tipe_assembly,pabrik_disassembly,recyc
ler):XDCPS;
QPSJ(tipe_produk,tipe_part,tipe_assembly,pabrik_disassembly)::
QK(tipe_produk,pusat_pengumpulan):X;
QJ(tipe_produk,pabrik_disassembly)::
SR(tipe_assembly,recycler)::
PR(tipe_part,recycler)::
PSR(tipe_part,tipe_assembly,recycler)::
QSJK(tipe_produk,tipe_assembly,pabrik_disassembly,pusat_pengumpula
n)::
QPJK(tipe_produk,tipe_part,pabrik_disassembly,pusat_pengumpulan)::
QPSJK(tipe_produk,tipe_part,tipe_assembly,pabrik_disassembly,pusat
_pengumpulan)::
KJ(pusat_pengumpulan,pabrik_disassembly):KM;
ID(pabrik_refurbish,dealer):KMRD;
HD(pabrik_repair,dealer):KMD;
IA(pabrik_refurbish,assembly_plant):KMRA;
HA(pabrik_repair,assembly_plant):KMA;
endsets

data:
KPK,KDA,FDA,KRP,FRP,KRF,FRF                                     =
@OLE("Data.xlsx",'KPK','KDA','FDA','KRP','FRP','KRF','FRF');
MEOL = 150;
W = 18748;
BI = 10000;
BTR = 18748;
T = 10;
teta = 0.6;
PD = 500000;
PRL =1200000;
AE =9000;
AR = 2100000;
AP = 630000;
HDS,HAS,HRS,HDP,HAP,HRP,HDPS,HAPS,HRPS                         =
@OLE("Data.xlsx",'HDS','HAS','HRS','HDP','HAP','HRP','HDPS','HAPS'
,'HRPS');
PDES,PAPS,PDEP,PAPP,PDEPS,PAPPS                                 =
@OLE("Data.xlsx",'PDES','PAPS','PDEP','PAPP','PDEPS','PAPPS');
aa,b,f,alpha,gammaS,gammaP,gammaPS                             =
@OLE("Data.xlsx",'a','b','f','alpha','gammaS','gammaP','gammaPS');
WS,WP,WPS,ERS,ERP,ERPS,EPS,EPP,EPPS,EF,ELP,ELPS               =
@OLE("Data.xlsx",'WS','WP','WPS','ERS','ERP','ERPS','EPS','EPP','E
PPS','EF','ELP','ELPS');
BRS,BRP,BRPS,BR,BLP,BLPS,BIS,BIP,BIPS,BIRS,BPDS,BPDP,BPDPS,BTS,BTP
,BTPS                                                             =
@OLE("Data.xlsx",BRS,BRP,BRPS,BR,BLP,BLPS,BIS,BIP,BIPS,BIRS,BPDS,B
PDP,BPDPS,BTS,BTP,BTPS);
TR,TRS,TRP,TRPS = @OLE("Data.xlsx",TR,TRS,TRP,TRPS);
KM,KMRD,KMD,KMRA,KMA = @OLE("Data.xlsx",KM,KMRD,KMD,KMRA,KMA);
enddata

MIN = d1 + d2 + d3 + d4;
berat_sparepart_didaurulang + d4 = AR;
berat_sparepart_dipulihkan + d3 = AP;
emisi_CO2 - d2 = AE;

```

```

pendapatan_bersih + dl= PRL;

!net income;
pendapatan_bersih = total_pendapatan - total_biaya;
total_pendapatan = pendapatan_jual_sparepart +
pendapatan_dari_recycler;
pendapatan_jual_sparepart =
@sum(QSID(q,s,i,d):HDS(q,s)*XRD(q,s,i,d))+@sum(QSHD(q,s,h,d):HDS(q
,s)*XDES(q,s,h,d)) + @sum(QPHD(q,p,h,d):HDP(q,p)*XDEP(q,p,h,d)) +
@sum(QPSHD(q,p,s,h,d):HDPS(q,p,s)*XDEPS(q,p,s,h,d))+
@sum(QSIA(q,s,i,a):HAS(q,s)*XRA(q,s,i,a))+@sum(QSHA(q,s,h,a):HAS(q
,s)*XAPS(q,s,h,a)) + @sum(QPHA(q,p,h,a):HAP(q,p)*XAPP(q,p,h,a)) +
@sum(QPSHA(q,p,s,h,a):HAPS(q,p,s)*XAPPS(q,p,s,h,a));
pendapatan_dari_recycler =
@sum(QSJR(q,s,j,r):HRS(q,s)*WS(q,s)*XDCS(q,s,j,r)) +
@sum(QPJR(q,p,j,r):HRP(q,p)*WP(q,p)*XDCP(q,p,j,r)) +
@sum(QPSJR(q,p,s,j,r):HRPS(q,p,s)*WPS(q,p,s)*XDCPS(q,p,s,j,r));
total_biaya = pendanaan + transportasi + inspeksi + disassembly +
repair + refurbish + disposal_limbah + biaya_tetap;
pendanaan = PD*@sum(QK(q,k):X(q,k));
transportasi = @sum(QJK(q,j,k):BTR(q)*XQ(q,j,k)*KM(k,j)) +
@sum(QSID(q,s,i,d):BTS(q,s)*XRD(q,s,i,d)*KMRD(i,d)) +
@sum(QSHD(q,s,h,d):BTS(q,s)*XDES(q,s,h,d)*KMD(h,d)) +
@sum(QPHD(q,p,h,d):BTP(q,p)*XDEP(q,p,h,d)*KMD(h,d)) +
@sum(QPSHD(q,p,s,h,d):BTPS(q,p,s)*XDEPS(q,p,s,h,d)*KMD(h,d)) +
@sum(QSIA(q,s,i,a):BTS(q,s)*XRA(q,s,i,a)*KMRA(i,a)) +
@sum(QSHA(q,s,h,a):BTS(q,s)*XAPS(q,s,h,a)*KMA(h,a)) +
@sum(QPHA(q,p,h,a):BTP(q,p)*XAPP(q,p,h,a)*KMA(h,a)) +
@sum(QPSHA(q,p,s,h,a):BTPS(q,p,s)*XAPPS(q,p,s,h,a)*KMA(h,a));
inspeksi = @sum(QJK(q,j,k):BI(q)*XQ(q,j,k)) +
@sum(QSJI(q,s,j,i):BIRS(q,s)*XDR(q,s,j,i)) +
@sum(QSJH(q,s,j,h):BIS(q,s)*XDRS(q,s,j,h)) +
@sum(QPJH(q,p,j,h):BIP(q,p)*XDRP(q,p,j,h)) +
@sum(QPSJH(q,p,s,j,h):BIPS(q,p,s)*XDRPS(q,p,s,j,h));
disassembly = @sum(QSJK(q,s,j,k):BPDS(q,s)*XQ(q,j,k)*aa(q,s)) +
@sum(QPJK(q,p,j,k):BPDP(q,p)*XQ(q,j,k)*b(q,p)) +
@sum(QPSJ(q,p,s,j):BPDP(q,p,s)*XS(q,s,j)*f(q,p,s));
repair = @sum(QSHD(q,s,h,d):BRS(q,s)*XDES(q,s,h,d)) +
@sum(QSHA(q,s,h,a):BRS(q,s)*XAPS(q,s,h,a)) +
@sum(QPHD(q,p,h,d):BRP(q,p)*XDEP(q,p,h,d)) +
@sum(QPHA(q,p,h,a):BRP(q,p)*XAPP(q,p,h,a)) +
@sum(QPSHD(q,p,s,h,d):BRPS(q,p,s)*XDEPS(q,p,s,h,d)) +
@sum(QPSHA(q,p,s,h,a):BRPS(q,p,s)*XAPPS(q,p,s,h,a));
refurbish = @sum(QSID(q,s,i,d):BR(q,s)*XRD(q,s,i,d)) +
@sum(QSIA(q,s,i,a):BR(q,s)*XRA(q,s,i,a));
disposal_limbah = @sum(QPJL(q,p,j,l):BLP(q,p)*XDLP(q,p,j,l)) +
@sum(QPSJL(q,p,s,j,l):BLPS(q,p,s)*XDLPS(q,p,s,j,l));
biaya_tetap = @sum(pabrik_disassembly(j):FDA(j)*YDA(j)) +
@sum(pabrik_refurbish(i):FRF(i)*YRF(i)) +
@sum(pabrik_repair(h):FRP(h)*YRP(h));

!dampak lingkungan dari alternatif pemulihan;
emisi_CO2 = @sum(QSJR(q,s,j,r):ERS(q,s)*XDCS(q,s,j,r)) +
@sum(QPJR(q,p,j,r):ERP(q,p)*XDCP(q,p,j,r)) +
@sum(QPSJR(q,p,s,j,r):ERPS(q,p,s)*XDCPS(q,p,s,j,r)) +
@sum(QSHD(q,s,h,d):EPS(q,s)*XDES(q,s,h,d)) +
@sum(QSHA(q,s,h,a):EPS(q,s)*XAPS(q,s,h,a)) +
@sum(QPHD(q,p,h,d):EPP(q,p)*XDEP(q,p,h,d))

```

```

@sum(QPHA(q,p,h,a):EPP(q,p)*XAPP(q,p,h,a)) +
@sum(QPSHD(q,p,s,h,d):EPPS(q,p,s)*XDEPS(q,p,s,h,d)) +
@sum(QPSHA(q,p,s,h,a):EPPS(q,p,s)*XAPPS(q,p,s,h,a)) +
@sum(QSID(q,s,i,d):EF(q,s)*XRD(q,s,i,d)) +
@sum(QSIA(q,s,i,a):EF(q,s)*XRA(q,s,i,a)) +
@sum(QPJL(q,p,j,l):ELP(q,p)*XDLP(q,p,j,l)) +
@sum(QPSJL(q,p,s,j,l):ELPS(q,p,s)*XDLPS(q,p,s,j,l));

!jumlah komponen yang dijual daur ulang;
berat_sparepart_didaurulang =
@sum(QSJR(q,s,j,r):WS(q,s)*XDSCS(q,s,j,r)) +
@sum(QPJR(q,p,j,r):WP(q,p)*XDPCP(q,p,j,r)) +
@sum(QPSJR(q,p,s,j,r):WPS(q,p,s)*XDPCPS(q,p,s,j,r));

!jumlah komponen yang dipulihkan;
berat_sparepart_dipulihkan =
@sum(QSHD(q,s,h,d):WS(q,s)*XDES(q,s,h,d)) +
@sum(QSHA(q,s,h,a):WS(q,s)*XAPS(q,s,h,a)) +
@sum(QPHD(q,p,h,d):WP(q,p)*XDEP(q,p,h,d)) +
@sum(QPHA(q,p,h,a):WP(q,p)*XAPP(q,p,h,a)) +
@sum(QPSHD(q,p,s,h,d):WPS(q,p,s)*XDEPS(q,p,s,h,d)) +
@sum(QPSHA(q,p,s,h,a):WPS(q,p,s)*XAPPS(q,p,s,h,a)) +
@sum(QSID(q,s,i,d):WS(q,s)*XRD(q,s,i,d)) +
@sum(QSIA(q,s,i,a):WS(q,s)*XRA(q,s,i,a));

!kendala permintaan;
@for(QSD(q,s,d):@sum(pabrik_refurbish(i):XRD(q,s,i,d))+@sum(pabrik_repair(h):XDES(q,s,h,d))<=PDES(q,s,d));
@for(QSA(q,s,a):@sum(pabrik_refurbish(i):XRA(q,s,i,a))+@sum(pabrik_repair(h):XAPS(q,s,h,a))<=PAPS(q,s,a));

@for(QPD(q,p,d):@sum(pabrik_repair(h):XDEP(q,p,h,d))<=PDEP(q,p,d));
;
@for(QPA(q,p,a):@sum(pabrik_repair(h):XAPP(q,p,h,a))<=PAPP(q,p,a));
;

@for(QPSD(q,p,s,d):@sum(pabrik_repair(h):XDEPS(q,p,s,h,d))<=PDEPS(q,p,s,d));
@for(QPSA(q,p,s,a):@sum(pabrik_repair(h):XAPPS(q,p,s,h,a))<=PAPPS(q,p,s,a));

!kendala keseimbangan input output;
@for(QSI(q,s,i):@sum(pabrik_disassembly(j):XDR(q,s,j,i))=@sum(dealer(d):XRD(q,s,i,d))+@sum(assembly_plant(a):XRA(q,s,i,a)));
@for(QSH(q,s,h):@sum(pabrik_disassembly(j):XDRS(q,s,j,h))=@sum(dealer(d):XDES(q,s,h,d))+@sum(assembly_plant(a):XAPS(q,s,h,a)));

@for(QPH(q,p,h):@sum(pabrik_disassembly(j):XDRP(q,p,j,h))=@sum(dealer(d):XDEP(q,p,h,d))+@sum(assembly_plant(a):XAPP(q,p,h,a)));

@for(QPSH(q,p,s,h):@sum(pabrik_disassembly(j):XDRPS(q,p,s,j,h))=@sum(dealer(d):XDEPS(q,p,s,h,d))+@sum(assembly_plant(a):XAPPS(q,p,s,h,a)));

@for(QSJ(q,s,j):@sum(pusat_pengumpulan(k):XQ(q,j,k))*aa(q,s)=@sum(pabrik_refurbish(i):XDR(q,s,j,i))+@sum(pabrik_repair(h):XDRS(q,s,j,h))+@sum(recycler(r):XDSCS(q,s,j,r))+XS(q,s,j));

```

```

@for(QPJ(q,p,j):@sum(pusat_pengumpulan(k):XQ(q,j,k))*b(q,p)=@sum(limbah(l):XDLPL(q,p,j,l))+@sum(pabrik_repair(h):XDRP(q,p,j,h))+@sum(recycler(r):XDCP(q,p,j,r)));

@for(QPSJ(q,p,s,j):XS(q,s,j)*f(q,p,s)=@sum(limbah(l):XDLPS(q,p,s,j,l))+@sum(pabrik_repair(h):XDRPS(q,p,s,j,h))+@sum(recycler(r):XDCPS(q,p,s,j,r)));

@for(QK(q,k):@sum(pabrik_disassembly(j):XQ(q,j,k))=X(q,k));

!kendala pembukaan fasilitas pengumpulan dan pemulihan kendaraan;
@for(pabrik_disassembly(j):@sum(QK(q,k):XQ(q,j,k))>=YDA(j));

@for(pabrik_refurbish(i):@sum(QSJ(q,s,j):XDR(q,s,j,i))>=YRF(i));

@for(pabrik_repair(h):@sum(QSJ(q,s,j):XDRS(q,s,j,h))+@sum(QPJ(q,p,j):XDRP(q,p,j,h))+@sum(QPSJ(q,p,s,j):XDRPS(q,p,s,j,h))>=YRP(h));

!kendala kapasitas;
@for(pabrik_disassembly(j):@sum(QK(q,k):T(q)*XQ(q,j,k))<=YDA(j)*KDA(j));

@for(pabrik_refurbish(i):@sum(QSJ(q,s,j):TR(q,s)*XDR(q,s,j,i))<=YRF(i)*KRF(i));

@for(pabrik_repair(h):@sum(QSJ(q,s,j):TRS(q,s)*XDRS(q,s,j,h))+@sum(QPJ(q,p,j):TRP(q,p)*XDRP(q,p,j,h))+@sum(QPSJ(q,p,s,j):TRPS(q,p,s)*XDRPS(q,p,s,j,h))<=YRP(h)*KRP(h));

@for(pusat_pengumpulan(k):@sum(tipe_produk(q):X(q,k))<=KPK(k));

!kendala kemampuan pemulihan dilakukan;
@for(QSJ(q,s,j):@sum(pabrik_refurbish(i):XDR(q,s,j,i))<=alpha(q,s)*aa(q,s)*@sum(pusat_pengumpulan(k):XQ(q,j,k)));
@for(QSJ(q,s,j):@sum(pabrik_repair(h):XDRS(q,s,j,h))<=gammaS(q,s)*aa(q,s)*@sum(pusat_pengumpulan(k):XQ(q,j,k)));

@for(QPJ(q,p,j):@sum(pabrik_repair(h):XDRP(q,p,j,h))<=gammaP(q,p)*b(q,p)*@sum(pusat_pengumpulan(k):XQ(q,j,k)));

@for(QPSJ(q,p,s,j):@sum(pabrik_repair(h):XDRPS(q,p,s,j,h))<=gammaPS(q,p,s)*f(q,p,s)*XS(q,s,j));

@for(QJ(q,j):@sum(SR(s,r):WS(q,s)*XDCS(q,s,j,r))+@sum(PR(p,r):WP(q,p)*XDCP(q,p,j,r))+@sum(PSR(p,s,r):WPS(q,p,s)*XDCPS(q,p,s,j,r))<=ta*W(q)*@sum(pusat_pengumpulan(k):XQ(q,j,k)));

!kendala keterbatasan jumlah fasilitas;
@sum(pabrik_disassembly(j):YDA(j))<=MDA;

@sum(pabrik_refurbish(i):YRF(i))<=MRF;

@sum(pabrik_repair(h):YRP(h))<=MRP;

@sum(pabrik_disassembly(j):YDA(j))>=1;

@sum(pabrik_refurbish(i):YRF(i))>=1;

```



```

@sum(pabrik_repair(h):YRP(h))>=1;

!kendala ketersediaan produk EOL;
@for(tipe_produk(q):@sum(pusat_pengumpulan(k):X(q,k))=MEOL(q));

!kendala biner;
@for(pabrik_disassembly(j):@bin(YDA(j)));

@for(pabrik_refurbish(i):@bin(YRF(i)));

@for(pabrik_repair(h):@bin(YRP(h)));

!kendala integer;
@for(QK:@gin(X));
@for(QJK:@gin(XQ));
@for(QSJ:@gin(XS));
@for(QSJI:@gin(XDR));
@for(QSJH:@gin(XDRS));
@for(QPJH:@gin(XDRP));
@for(QPSJH:@gin(XDRPS));
@for(QSJR:@gin(XDCS));
@for(QPJR:@gin(XDCP));
@for(QPSJR:@gin(XDCPS));
@for(QPJL:@gin(XDLP));
@for(QPSJL:@gin(XDLPs));
@for(QSID:@gin(XRD));
@for(QSIA:@gin(XRA));
@for(QSHD:@gin(XDES));
@for(QSHA:@gin(XAPS));
@for(QPHD:@gin(XDEP));
@for(QPHA:@gin(XAPP));
@for(QPSHD:@gin(XDEPS));
@for(QPSHA:@gin(XAPPS));

```

```

Global optimal solution found.
Objective value:                414212.7
Objective bound:                414212.7
Infeasibilities:                0.2346834E-07
Extended solver steps:          322730
Total solver iterations:        4406497

```

Variable	Value	Reduced Cost
TETA	0.6000000	0.000000
PD	500000.0	0.000000
PRL	1200000.	0.000000
AE	9000.000	0.000000
AR	2100000.	0.000000
AP	630000.0	0.000000
D1	0.2592250	0.000000
D2	1509.017	0.000000
D3	22.80000	0.000000
D4	412680.6	0.000000
BERAT_SPAREPART_DIDAURULANG	1687319.	0.000000
BERAT_SPAREPART_DIPULIHKAN	629977.2	0.000000
EMISI_CO2	10509.02	0.000000
PENDAPATAN_BERSIH	1200000.	0.000000
TOTAL_PENDAPATAN	0.2295237E+09	0.000000
TOTAL_BIAYA	0.2283237E+09	0.000000

PENDAPATAN_JUAL_SPAREPART	0.8589344E+08	0.000000
PENDAPATAN_DARI_RECYCLER	0.1436303E+09	0.000000
PENDANAAN	0.7500000E+08	0.000000
TRANSPORTASI	0.1297347E+09	0.000000
INSPEKSI	1874500.	0.000000
DISASSEMBLY	7013340.	0.000000
REPAIR	1145283.	0.000000
REFURBISH	107520.6	0.000000
DISPOSAL_LIMBAH	1098340.	0.000000
BIAYA_TETAP	0.1235000E+08	0.000000
MDA	3.000000	0.000000
MRF	3.000000	0.000000
MRP	3.000000	0.000000
KPK (1)	150.0000	0.000000
KPK (2)	150.0000	0.000000
KPK (3)	150.0000	0.000000
KPK (4)	150.0000	0.000000
YDA (1)	0.000000	3200000.
YDA (2)	0.000000	3200000.
YDA (3)	1.000000	4000000.
KDA (1)	2600.000	0.000000
KDA (2)	2200.000	0.000000
KDA (3)	2600.000	0.000000
FDA (1)	3200000.	0.000000
FDA (2)	3200000.	0.000000
FDA (3)	4000000.	0.000000
YRP (1)	0.000000	6000000.
YRP (2)	0.000000	5680000.
YRP (3)	1.000000	6800000.
KRP (1)	3100.000	0.000000
KRP (2)	2800.000	0.000000
KRP (3)	3600.000	0.000000
FRP (1)	6000000.	0.000000
FRP (2)	5680000.	0.000000
FRP (3)	6800000.	0.000000
YRF (1)	0.000000	1750000.
YRF (2)	1.000000	1550000.
YRF (3)	0.000000	1875000.
KRF (1)	1800.000	0.000000
KRF (2)	1800.000	0.000000
KRF (3)	1800.000	0.000000
FRF (1)	1750000.	0.000000
FRF (2)	1550000.	0.000000
FRF (3)	1875000.	0.000000
MEOL (1)	150.0000	0.000000
W (1)	18748.00	0.000000
BI (1)	10000.00	0.000000
BTR (1)	18748.00	0.000000
T (1)	10.00000	0.000000
XRD (1, 1, 1, 1)	0.000000	-80083.38
XRD (1, 1, 1, 2)	0.000000	-286765.4
XRD (1, 1, 1, 3)	0.000000	-140598.4
XRD (1, 1, 1, 4)	0.000000	238318.6
XRD (1, 1, 2, 1)	0.000000	125667.6
XRD (1, 1, 2, 2)	0.000000	-106151.4
XRD (1, 1, 2, 3)	1.000000	-231836.4
XRD (1, 1, 2, 4)	0.000000	-19568.38
XRD (1, 1, 3, 1)	0.000000	352831.6
XRD (1, 1, 3, 2)	0.000000	129391.6
XRD (1, 1, 3, 3)	0.000000	40946.62
XRD (1, 1, 3, 4)	0.000000	-298868.4
XDES (1, 1, 1, 1)	0.000000	-133855.5
XDES (1, 1, 1, 2)	0.000000	-340537.5
XDES (1, 1, 1, 3)	0.000000	-194370.5

XDES (1, 1, 1, 4)	0.000000	184546.5
XDES (1, 1, 2, 1)	0.000000	71895.49
XDES (1, 1, 2, 2)	0.000000	-159923.5
XDES (1, 1, 2, 3)	0.000000	-285608.5
XDES (1, 1, 2, 4)	0.000000	-73340.51
XDES (1, 1, 3, 1)	0.000000	299059.5
XDES (1, 1, 3, 2)	0.000000	75619.49
XDES (1, 1, 3, 3)	0.000000	-12825.51
XDES (1, 1, 3, 4)	1.000000	-352640.5
PDES (1, 1, 1)	150.0000	0.000000
PDES (1, 1, 2)	150.0000	0.000000
PDES (1, 1, 3)	150.0000	0.000000
PDES (1, 1, 4)	150.0000	0.000000
XRA (1, 1, 1, 1)	0.000000	-97381.97
XRA (1, 1, 2, 1)	0.000000	51578.03
XRA (1, 1, 3, 1)	0.000000	275018.0
XAPS (1, 1, 1, 1)	0.000000	-151154.1
XAPS (1, 1, 2, 1)	0.000000	-2194.097
XAPS (1, 1, 3, 1)	0.000000	221245.9
PAPS (1, 1, 1)	50.000000	0.000000
XDEP (1, 1, 1, 1)	0.000000	-412290.4
XDEP (1, 1, 1, 2)	0.000000	-625410.4
XDEP (1, 1, 1, 3)	0.000000	-474690.4
XDEP (1, 1, 1, 4)	0.000000	-83970.40
XDEP (1, 1, 2, 1)	0.000000	-200130.4
XDEP (1, 1, 2, 2)	0.000000	-439170.4
XDEP (1, 1, 2, 3)	0.000000	-568770.4
XDEP (1, 1, 2, 4)	0.000000	-349890.4
XDEP (1, 1, 3, 1)	0.000000	34109.60
XDEP (1, 1, 3, 2)	0.000000	-196290.4
XDEP (1, 1, 3, 3)	0.000000	-287490.4
XDEP (1, 1, 3, 4)	60.000000	-637890.4
XDEP (1, 2, 1, 1)	0.000000	-944109.3
XDEP (1, 2, 1, 2)	0.000000	-959649.3
XDEP (1, 2, 1, 3)	0.000000	-948659.3
XDEP (1, 2, 1, 4)	0.000000	-920169.3
XDEP (1, 2, 2, 1)	0.000000	-928639.3
XDEP (1, 2, 2, 2)	0.000000	-946069.3
XDEP (1, 2, 2, 3)	0.000000	-955519.3
XDEP (1, 2, 2, 4)	0.000000	-939559.3
XDEP (1, 2, 3, 1)	1.000000	-911559.3
XDEP (1, 2, 3, 2)	0.000000	-928359.3
XDEP (1, 2, 3, 3)	0.000000	-935009.3
XDEP (1, 2, 3, 4)	44.000000	-960559.3
XDEP (1, 3, 1, 1)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 3, 1, 2)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 3, 1, 3)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 3, 1, 4)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 3, 2, 1)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 3, 2, 2)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 3, 2, 3)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 3, 2, 4)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 3, 3, 1)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 3, 3, 2)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 3, 3, 3)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 3, 3, 4)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 4, 1, 1)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 4, 1, 2)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 4, 1, 3)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 4, 1, 4)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 4, 2, 1)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 4, 2, 2)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 4, 2, 3)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 4, 2, 4)	0.000000	0.000000

XDEP (1, 4, 3, 1)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 4, 3, 2)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 4, 3, 3)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 4, 3, 4)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 5, 1, 1)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 5, 1, 2)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 5, 1, 3)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 5, 1, 4)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 5, 2, 1)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 5, 2, 2)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 5, 2, 3)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 5, 2, 4)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 5, 3, 1)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 5, 3, 2)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 5, 3, 3)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 5, 3, 4)	0.000000	0.000000
PDEP (1, 1, 1)	150.0000	0.000000
PDEP (1, 1, 2)	150.0000	0.000000
PDEP (1, 1, 3)	150.0000	0.000000
PDEP (1, 1, 4)	150.0000	0.000000
PDEP (1, 2, 1)	150.0000	0.000000
PDEP (1, 2, 2)	150.0000	0.000000
PDEP (1, 2, 3)	150.0000	0.000000
PDEP (1, 2, 4)	150.0000	0.000000
PDEP (1, 3, 1)	0.000000	0.000000
PDEP (1, 3, 2)	0.000000	0.000000
PDEP (1, 3, 3)	0.000000	0.000000
PDEP (1, 3, 4)	0.000000	0.000000
PDEP (1, 4, 1)	0.000000	0.000000
PDEP (1, 4, 2)	0.000000	0.000000
PDEP (1, 4, 3)	0.000000	0.000000
PDEP (1, 4, 4)	0.000000	0.000000
PDEP (1, 5, 1)	0.000000	0.000000
PDEP (1, 5, 2)	0.000000	0.000000
PDEP (1, 5, 3)	0.000000	0.000000
PDEP (1, 5, 4)	0.000000	0.000000
XAPP (1, 1, 1, 1)	0.000000	-276590.4
XAPP (1, 1, 2, 1)	0.000000	-122990.4
XAPP (1, 1, 3, 1)	0.000000	107409.6
XAPP (1, 2, 1, 1)	0.000000	-644959.3
XAPP (1, 2, 2, 1)	0.000000	-633759.3
XAPP (1, 2, 3, 1)	0.000000	-616959.3
XAPP (1, 3, 1, 1)	0.000000	0.000000
XAPP (1, 3, 2, 1)	0.000000	0.000000
XAPP (1, 3, 3, 1)	0.000000	0.000000
XAPP (1, 4, 1, 1)	0.000000	0.000000
XAPP (1, 4, 2, 1)	0.000000	0.000000
XAPP (1, 4, 3, 1)	0.000000	0.000000
XAPP (1, 5, 1, 1)	0.000000	0.000000
XAPP (1, 5, 2, 1)	0.000000	0.000000
XAPP (1, 5, 3, 1)	0.000000	0.000000
PAPP (1, 1, 1)	100.0000	0.000000
PAPP (1, 2, 1)	100.0000	0.000000
PAPP (1, 3, 1)	0.000000	0.000000
PAPP (1, 4, 1)	0.000000	0.000000
PAPP (1, 5, 1)	0.000000	0.000000
XDEPS (1, 1, 1, 1, 1)	0.000000	28532.92
XDEPS (1, 1, 1, 1, 2)	0.000000	-36291.08
XDEPS (1, 1, 1, 1, 3)	0.000000	9552.915
XDEPS (1, 1, 1, 1, 4)	0.000000	128396.9
XDEPS (1, 1, 1, 2, 1)	0.000000	93064.92
XDEPS (1, 1, 1, 2, 2)	0.000000	20356.91
XDEPS (1, 1, 1, 2, 3)	0.000000	-19063.08
XDEPS (1, 1, 1, 2, 4)	0.000000	47512.91

XDEPS(1, 1, 1, 3, 1)	0.000000	164312.9
XDEPS(1, 1, 1, 3, 2)	0.000000	94232.92
XDEPS(1, 1, 1, 3, 3)	0.000000	66492.91
XDEPS(1, 1, 1, 3, 4)	0.000000	-40087.08
XDEPS(1, 2, 1, 1, 1)	0.000000	-86016.86
XDEPS(1, 2, 1, 1, 2)	0.000000	-91344.86
XDEPS(1, 2, 1, 1, 3)	0.000000	-87576.86
XDEPS(1, 2, 1, 1, 4)	0.000000	-77808.86
XDEPS(1, 2, 1, 2, 1)	0.000000	-80712.86
XDEPS(1, 2, 1, 2, 2)	0.000000	-86688.86
XDEPS(1, 2, 1, 2, 3)	0.000000	-89928.86
XDEPS(1, 2, 1, 2, 4)	0.000000	-84456.86
XDEPS(1, 2, 1, 3, 1)	0.000000	-74856.86
XDEPS(1, 2, 1, 3, 2)	0.000000	-80616.86
XDEPS(1, 2, 1, 3, 3)	0.000000	-82896.86
XDEPS(1, 2, 1, 3, 4)	0.000000	-91656.86
XDEPS(1, 3, 1, 1, 1)	0.000000	48110.15
XDEPS(1, 3, 1, 1, 2)	0.000000	-44019.85
XDEPS(1, 3, 1, 1, 3)	0.000000	21135.15
XDEPS(1, 3, 1, 1, 4)	0.000000	190040.1
XDEPS(1, 3, 1, 2, 1)	0.000000	139825.1
XDEPS(1, 3, 1, 2, 2)	0.000000	36490.15
XDEPS(1, 3, 1, 2, 3)	0.000000	-19534.85
XDEPS(1, 3, 1, 2, 4)	0.000000	75085.15
XDEPS(1, 3, 1, 3, 1)	0.000000	241085.1
XDEPS(1, 3, 1, 3, 2)	0.000000	141485.1
XDEPS(1, 3, 1, 3, 3)	1.000000	102060.1
XDEPS(1, 3, 1, 3, 4)	0.000000	-49414.85
XDEPS(1, 4, 1, 1, 1)	0.000000	-97113.49
XDEPS(1, 4, 1, 1, 2)	0.000000	-108435.5
XDEPS(1, 4, 1, 1, 3)	0.000000	-100428.5
XDEPS(1, 4, 1, 1, 4)	0.000000	-79671.49
XDEPS(1, 4, 1, 2, 1)	0.000000	-85842.49
XDEPS(1, 4, 1, 2, 2)	0.000000	-98541.49
XDEPS(1, 4, 1, 2, 3)	0.000000	-105426.5
XDEPS(1, 4, 1, 2, 4)	0.000000	-93798.49
XDEPS(1, 4, 1, 3, 1)	0.000000	-73398.49
XDEPS(1, 4, 1, 3, 2)	0.000000	-85638.49
XDEPS(1, 4, 1, 3, 3)	1.000000	-90483.49
XDEPS(1, 4, 1, 3, 4)	0.000000	-109098.5
XDEPS(1, 5, 1, 1, 1)	0.000000	-81128.51
XDEPS(1, 5, 1, 1, 2)	0.000000	-114206.5
XDEPS(1, 5, 1, 1, 3)	0.000000	-90813.51
XDEPS(1, 5, 1, 1, 4)	0.000000	-30170.51
XDEPS(1, 5, 1, 2, 1)	0.000000	-48199.51
XDEPS(1, 5, 1, 2, 2)	0.000000	-85300.52
XDEPS(1, 5, 1, 2, 3)	0.000000	-105415.5
XDEPS(1, 5, 1, 2, 4)	0.000000	-71443.51
XDEPS(1, 5, 1, 3, 1)	0.000000	-11843.52
XDEPS(1, 5, 1, 3, 2)	0.000000	-47603.52
XDEPS(1, 5, 1, 3, 3)	1.000000	-61758.52
XDEPS(1, 5, 1, 3, 4)	0.000000	-116143.5
PDEPS(1, 1, 1, 1)	100.0000	0.000000
PDEPS(1, 1, 1, 2)	100.0000	0.000000
PDEPS(1, 1, 1, 3)	100.0000	0.000000
PDEPS(1, 1, 1, 4)	100.0000	0.000000
PDEPS(1, 2, 1, 1)	100.0000	0.000000
PDEPS(1, 2, 1, 2)	100.0000	0.000000
PDEPS(1, 2, 1, 3)	100.0000	0.000000
PDEPS(1, 2, 1, 4)	100.0000	0.000000
PDEPS(1, 3, 1, 1)	100.0000	0.000000
PDEPS(1, 3, 1, 2)	100.0000	0.000000
PDEPS(1, 3, 1, 3)	100.0000	0.000000
PDEPS(1, 3, 1, 4)	100.0000	0.000000

PDEPS (1, 4, 1, 1)	100.0000	0.000000
PDEPS (1, 4, 1, 2)	100.0000	0.000000
PDEPS (1, 4, 1, 3)	100.0000	0.000000
PDEPS (1, 4, 1, 4)	100.0000	0.000000
PDEPS (1, 5, 1, 1)	100.0000	0.000000
PDEPS (1, 5, 1, 2)	100.0000	0.000000
PDEPS (1, 5, 1, 3)	100.0000	0.000000
PDEPS (1, 5, 1, 4)	100.0000	0.000000
XAPPS (1, 1, 1, 1, 1)	0.000000	12478.92
XAPPS (1, 1, 1, 2, 1)	0.000000	59198.91
XAPPS (1, 1, 1, 3, 1)	0.000000	129278.9
XAPPS (1, 2, 1, 1, 1)	0.000000	-74572.86
XAPPS (1, 2, 1, 2, 1)	0.000000	-70732.86
XAPPS (1, 2, 1, 3, 1)	0.000000	-64972.86
XAPPS (1, 3, 1, 1, 1)	0.000000	24201.25
XAPPS (1, 3, 1, 2, 1)	0.000000	90601.25
XAPPS (1, 3, 1, 3, 1)	0.000000	190201.2
XAPPS (1, 4, 1, 1, 1)	0.000000	-85169.69
XAPPS (1, 4, 1, 2, 1)	0.000000	-77009.69
XAPPS (1, 4, 1, 3, 1)	0.000000	-64769.69
XAPPS (1, 5, 1, 1, 1)	0.000000	-75498.51
XAPPS (1, 5, 1, 2, 1)	0.000000	-51658.51
XAPPS (1, 5, 1, 3, 1)	0.000000	-15898.51
PAPPS (1, 1, 1, 1)	100.0000	0.000000
PAPPS (1, 2, 1, 1)	100.0000	0.000000
PAPPS (1, 3, 1, 1)	100.0000	0.000000
PAPPS (1, 4, 1, 1)	100.0000	0.000000
PAPPS (1, 5, 1, 1)	100.0000	0.000000
XDR (1, 1, 1, 1)	0.000000	3000.000
XDR (1, 1, 1, 2)	0.000000	3000.000
XDR (1, 1, 1, 3)	0.000000	3000.000
XDR (1, 1, 2, 1)	0.000000	3000.000
XDR (1, 1, 2, 2)	0.000000	3000.000
XDR (1, 1, 2, 3)	0.000000	3000.000
XDR (1, 1, 3, 1)	0.000000	3000.000
XDR (1, 1, 3, 2)	1.000000	3000.000
XDR (1, 1, 3, 3)	0.000000	3000.000
XDRS (1, 1, 1, 1)	0.000000	2500.000
XDRS (1, 1, 1, 2)	0.000000	2500.000
XDRS (1, 1, 1, 3)	0.000000	2500.000
XDRS (1, 1, 2, 1)	0.000000	2500.000
XDRS (1, 1, 2, 2)	0.000000	2500.000
XDRS (1, 1, 2, 3)	0.000000	2500.000
XDRS (1, 1, 3, 1)	0.000000	2500.000
XDRS (1, 1, 3, 2)	0.000000	2500.000
XDRS (1, 1, 3, 3)	1.000000	2500.000
XDRP (1, 1, 1, 1)	0.000000	3500.000
XDRP (1, 1, 1, 2)	0.000000	3500.000
XDRP (1, 1, 1, 3)	0.000000	3500.000
XDRP (1, 1, 2, 1)	0.000000	3500.000
XDRP (1, 1, 2, 2)	0.000000	3500.000
XDRP (1, 1, 2, 3)	0.000000	3500.000
XDRP (1, 1, 3, 1)	0.000000	3500.000
XDRP (1, 1, 3, 2)	0.000000	3500.000
XDRP (1, 1, 3, 3)	60.00000	3500.000
XDRP (1, 2, 1, 1)	0.000000	3500.000
XDRP (1, 2, 1, 2)	0.000000	3500.000
XDRP (1, 2, 1, 3)	0.000000	3500.000
XDRP (1, 2, 2, 1)	0.000000	3500.000
XDRP (1, 2, 2, 2)	0.000000	3500.000
XDRP (1, 2, 2, 3)	0.000000	3500.000
XDRP (1, 2, 3, 1)	0.000000	3500.000
XDRP (1, 2, 3, 2)	0.000000	3500.000
XDRP (1, 2, 3, 3)	45.00000	3500.000

[illegible]

XDRPS (1, 5, 1, 1, 2)	0.000000	500.0000
XDRPS (1, 5, 1, 1, 3)	0.000000	500.0000
XDRPS (1, 5, 1, 2, 1)	0.000000	500.0000
XDRPS (1, 5, 1, 2, 2)	0.000000	500.0000
XDRPS (1, 5, 1, 2, 3)	0.000000	500.0000
XDRPS (1, 5, 1, 3, 1)	0.000000	500.0000
XDRPS (1, 5, 1, 3, 2)	0.000000	500.0000
XDRPS (1, 5, 1, 3, 3)	1.000000	500.0000
XQ(1, 1, 1)	0.000000	5304566.
XQ(1, 1, 2)	0.000000	1142510.
XQ(1, 1, 3)	0.000000	6766910.
XQ(1, 1, 4)	0.000000	0.1171638E+08
XQ(1, 2, 1)	0.000000	9447874.
XQ(1, 2, 2)	0.000000	4779622.
XQ(1, 2, 3)	0.000000	2436122.
XQ(1, 2, 4)	0.000000	6523186.
XQ(1, 3, 1)	0.000000	0.1402239E+08
XQ(1, 3, 2)	0.000000	9522866.
XQ(1, 3, 3)	0.000000	3898466.
XQ(1, 3, 4)	150.0000	898786.5
AA(1, 1)	1.000000	0.000000
ALPHA(1, 1)	0.3000000	0.000000
GAMMAS(1, 1)	0.2000000	0.000000
WS(1, 1)	8448.100	0.000000
BRS(1, 1)	53760.30	0.000000
BR(1, 1)	107520.6	0.000000
BIS(1, 1)	2500.000	0.000000
BIRS(1, 1)	3000.000	0.000000
BPDS(1, 1)	24436.50	0.000000
ERS(1, 1)	29.56835	0.000000
EPS(1, 1)	9.292910	0.000000
EF(1, 1)	21.12025	0.000000
BTS(1, 1)	931.0000	0.000000
HDS(1, 1)	439857.0	0.000000
HAS(1, 1)	382675.6	0.000000
HRS(1, 1)	109.9643	0.000000
TR(1, 1)	30.00000	0.000000
TRS(1, 1)	15.00000	0.000000
XDCS(1, 1, 1, 1)	0.000000	-937407.5
XDCS(1, 1, 2, 1)	0.000000	-937407.5
XDCS(1, 1, 3, 1)	143.0000	-937407.5
XS(1, 1, 1)	0.000000	48873.00
XS(1, 1, 2)	0.000000	48873.00
XS(1, 1, 3)	5.000000	48873.00
B(1, 1)	1.000000	0.000000
B(1, 2)	1.000000	0.000000
B(1, 3)	0.000000	0.000000
B(1, 4)	0.000000	0.000000
B(1, 5)	0.000000	0.000000
GAMMAP(1, 1)	0.4000000	0.000000
GAMMAP(1, 2)	0.3000000	0.000000
GAMMAP(1, 3)	0.000000	0.000000
GAMMAP(1, 4)	0.000000	0.000000
GAMMAP(1, 5)	0.000000	0.000000
WP(1, 1)	9600.000	0.000000
WP(1, 2)	700.0000	0.000000
WP(1, 3)	0.000000	0.000000
WP(1, 4)	0.000000	0.000000
WP(1, 5)	0.000000	0.000000
BRP(1, 1)	8500.000	0.000000
BRP(1, 2)	12190.00	0.000000
BRP(1, 3)	0.000000	0.000000
BRP(1, 4)	0.000000	0.000000
BRP(1, 5)	0.000000	0.000000

BLP(1, 1)	17000.00	0.000000
BLP(1, 2)	24380.00	0.000000
BLP(1, 3)	0.000000	0.000000
BLP(1, 4)	0.000000	0.000000
BLP(1, 5)	0.000000	0.000000
BIP(1, 1)	3500.000	0.000000
BIP(1, 2)	3500.000	0.000000
BIP(1, 3)	0.000000	0.000000
BIP(1, 4)	0.000000	0.000000
BIP(1, 5)	0.000000	0.000000
BPDP(1, 1)	8500.000	0.000000
BPDP(1, 2)	12190.00	0.000000
BPDP(1, 3)	0.000000	0.000000
BPDP(1, 4)	0.000000	0.000000
BPDP(1, 5)	0.000000	0.000000
ERP(1, 1)	33.60000	0.000000
ERP(1, 2)	2.450000	0.000000
ERP(1, 3)	0.000000	0.000000
ERP(1, 4)	0.000000	0.000000
ERP(1, 5)	0.000000	0.000000
EPP(1, 1)	9.600000	0.000000
EPP(1, 2)	0.7000000	0.000000
EPP(1, 3)	0.000000	0.000000
EPP(1, 4)	0.000000	0.000000
EPP(1, 5)	0.000000	0.000000
ELP(1, 1)	76.80000	0.000000
ELP(1, 2)	5.600000	0.000000
ELP(1, 3)	0.000000	0.000000
ELP(1, 4)	0.000000	0.000000
ELP(1, 5)	0.000000	0.000000
BTP(1, 1)	960.0000	0.000000
BTP(1, 2)	70.00000	0.000000
BTP(1, 3)	0.000000	0.000000
BTP(1, 4)	0.000000	0.000000
BTP(1, 5)	0.000000	0.000000
HDP(1, 1)	680000.0	0.000000
HDP(1, 2)	975200.0	0.000000
HDP(1, 3)	0.000000	0.000000
HDP(1, 4)	0.000000	0.000000
HDP(1, 5)	0.000000	0.000000
HAP(1, 1)	467500.0	0.000000
HAP(1, 2)	670450.0	0.000000
HAP(1, 3)	0.000000	0.000000
HAP(1, 4)	0.000000	0.000000
HAP(1, 5)	0.000000	0.000000
HRP(1, 1)	21.25000	0.000000
HRP(1, 2)	30.47500	0.000000
HRP(1, 3)	0.000000	0.000000
HRP(1, 4)	0.000000	0.000000
HRP(1, 5)	0.000000	0.000000
TRP(1, 1)	2.000000	0.000000
TRP(1, 2)	2.000000	0.000000
TRP(1, 3)	0.000000	0.000000
TRP(1, 4)	0.000000	0.000000
TRP(1, 5)	0.000000	0.000000
XDLP(1, 1, 1, 1)	0.000000	17076.80
XDLP(1, 1, 2, 1)	0.000000	17076.80
XDLP(1, 1, 3, 1)	50.00000	17076.80
XDLP(1, 2, 1, 1)	0.000000	24385.60
XDLP(1, 2, 2, 1)	0.000000	24385.60
XDLP(1, 2, 3, 1)	1.000000	24385.60
XDLP(1, 3, 1, 1)	0.000000	0.000000
XDLP(1, 3, 2, 1)	0.000000	0.000000
XDLP(1, 3, 3, 1)	0.000000	0.000000

XDLP (1, 4, 1, 1)	0.000000	0.000000
XDLP (1, 4, 2, 1)	0.000000	0.000000
XDLP (1, 4, 3, 1)	0.000000	0.000000
XDLP (1, 5, 1, 1)	0.000000	0.000000
XDLP (1, 5, 2, 1)	0.000000	0.000000
XDLP (1, 5, 3, 1)	0.000000	0.000000
XDCP (1, 1, 1, 1)	0.000000	-213566.4
XDCP (1, 1, 2, 1)	0.000000	-213566.4
XDCP (1, 1, 3, 1)	40.00000	-213566.4
XDCP (1, 2, 1, 1)	0.000000	-22030.05
XDCP (1, 2, 2, 1)	0.000000	-22030.05
XDCP (1, 2, 3, 1)	104.0000	-22030.05
XDCP (1, 3, 1, 1)	0.000000	0.000000
XDCP (1, 3, 2, 1)	0.000000	0.000000
XDCP (1, 3, 3, 1)	0.000000	0.000000
XDCP (1, 4, 1, 1)	0.000000	0.000000
XDCP (1, 4, 2, 1)	0.000000	0.000000
XDCP (1, 4, 3, 1)	0.000000	0.000000
XDCP (1, 5, 1, 1)	0.000000	0.000000
XDCP (1, 5, 2, 1)	0.000000	0.000000
XDCP (1, 5, 3, 1)	0.000000	0.000000
F(1, 1, 1, 1)	1.000000	0.000000
F(1, 2, 1, 1)	1.000000	0.000000
F(1, 3, 1, 1)	1.000000	0.000000
F(1, 4, 1, 1)	1.000000	0.000000
F(1, 5, 1, 1)	1.000000	0.000000
GAMMAPS (1, 1, 1, 1)	0.2000000	0.000000
GAMMAPS (1, 2, 1, 1)	0.2000000	0.000000
GAMMAPS (1, 3, 1, 1)	0.2000000	0.000000
GAMMAPS (1, 4, 1, 1)	0.2000000	0.000000
GAMMAPS (1, 5, 1, 1)	0.2000000	0.000000
WPS (1, 1, 1, 1)	2650.000	0.000000
WPS (1, 2, 1, 1)	217.1000	0.000000
WPS (1, 3, 1, 1)	3771.000	0.000000
WPS (1, 4, 1, 1)	460.0000	0.000000
WPS (1, 5, 1, 1)	1350.000	0.000000
BRPS (1, 1, 1, 1)	5620.000	0.000000
BRPS (1, 2, 1, 1)	10280.00	0.000000
BRPS (1, 3, 1, 1)	7147.000	0.000000
BRPS (1, 4, 1, 1)	12326.00	0.000000
BRPS (1, 5, 1, 1)	13500.00	0.000000
BLPS (1, 1, 1, 1)	11240.00	0.000000
BLPS (1, 2, 1, 1)	20560.00	0.000000
BLPS (1, 3, 1, 1)	14294.00	0.000000
BLPS (1, 4, 1, 1)	24652.00	0.000000
BLPS (1, 5, 1, 1)	27000.00	0.000000
BIPS (1, 1, 1, 1)	500.0000	0.000000
BIPS (1, 2, 1, 1)	500.0000	0.000000
BIPS (1, 3, 1, 1)	500.0000	0.000000
BIPS (1, 4, 1, 1)	500.0000	0.000000
BIPS (1, 5, 1, 1)	500.0000	0.000000
BPDP (1, 1, 1, 1)	5620.000	0.000000
BPDP (1, 2, 1, 1)	10280.00	0.000000
BPDP (1, 3, 1, 1)	7147.000	0.000000
BPDP (1, 4, 1, 1)	12326.00	0.000000
BPDP (1, 5, 1, 1)	13500.00	0.000000
ERPS (1, 1, 1, 1)	9.275000	0.000000
ERPS (1, 2, 1, 1)	0.7598500	0.000000
ERPS (1, 3, 1, 1)	13.19850	0.000000
ERPS (1, 4, 1, 1)	1.610000	0.000000
ERPS (1, 5, 1, 1)	4.725000	0.000000
EPPS (1, 1, 1, 1)	2.915000	0.000000
EPPS (1, 2, 1, 1)	0.2388100	0.000000
EPPS (1, 3, 1, 1)	4.148100	0.000000

EPPS (1, 4, 1)	0.5060000	0.000000
EPPS (1, 5, 1)	1.485000	0.000000
ELPS (1, 1, 1)	21.20000	0.000000
ELPS (1, 2, 1)	1.736800	0.000000
ELPS (1, 3, 1)	30.16800	0.000000
ELPS (1, 4, 1)	3.680000	0.000000
ELPS (1, 5, 1)	10.80000	0.000000
BTPS (1, 1, 1)	292.0000	0.000000
BTPS (1, 2, 1)	24.00000	0.000000
BTPS (1, 3, 1)	415.0000	0.000000
BTPS (1, 4, 1)	51.00000	0.000000
BTPS (1, 5, 1)	149.0000	0.000000
HDPS (1, 1, 1)	56200.00	0.000000
HDPS (1, 2, 1)	102800.0	0.000000
HDPS (1, 3, 1)	71470.00	0.000000
HDPS (1, 4, 1)	123260.0	0.000000
HDPS (1, 5, 1)	135000.0	0.000000
HAPS (1, 1, 1)	48894.00	0.000000
HAPS (1, 2, 1)	89436.00	0.000000
HAPS (1, 3, 1)	62178.90	0.000000
HAPS (1, 4, 1)	107236.2	0.000000
HAPS (1, 5, 1)	117450.0	0.000000
HRPS (1, 1, 1)	14.05000	0.000000
HRPS (1, 2, 1)	25.70000	0.000000
HRPS (1, 3, 1)	17.86750	0.000000
HRPS (1, 4, 1)	30.81500	0.000000
HRPS (1, 5, 1)	33.75000	0.000000
TRPS (1, 1, 1)	3.000000	0.000000
TRPS (1, 2, 1)	3.000000	0.000000
TRPS (1, 3, 1)	3.000000	0.000000
TRPS (1, 4, 1)	3.000000	0.000000
TRPS (1, 5, 1)	3.000000	0.000000
XDLPS (1, 1, 1, 1, 1)	0.000000	11261.20
XDLPS (1, 1, 1, 2, 1)	0.000000	11261.20
XDLPS (1, 1, 1, 3, 1)	3.000000	11261.20
XDLPS (1, 2, 1, 1, 1)	0.000000	20561.74
XDLPS (1, 2, 1, 2, 1)	0.000000	20561.74
XDLPS (1, 2, 1, 3, 1)	4.000000	20561.74
XDLPS (1, 3, 1, 1, 1)	0.000000	14324.17
XDLPS (1, 3, 1, 2, 1)	0.000000	14324.17
XDLPS (1, 3, 1, 3, 1)	0.000000	14324.17
XDLPS (1, 4, 1, 1, 1)	0.000000	24655.68
XDLPS (1, 4, 1, 2, 1)	0.000000	24655.68
XDLPS (1, 4, 1, 3, 1)	0.000000	24655.68
XDLPS (1, 5, 1, 1, 1)	0.000000	27010.80
XDLPS (1, 5, 1, 2, 1)	0.000000	27010.80
XDLPS (1, 5, 1, 3, 1)	4.000000	27010.80
XDCPS (1, 1, 1, 1, 1)	0.000000	-39873.22
XDCPS (1, 1, 1, 2, 1)	0.000000	-39873.22
XDCPS (1, 1, 1, 3, 1)	2.000000	-39873.22
XDCPS (1, 2, 1, 1, 1)	0.000000	-5795.810
XDCPS (1, 2, 1, 2, 1)	0.000000	-5795.810
XDCPS (1, 2, 1, 3, 1)	1.000000	-5795.810
XDCPS (1, 3, 1, 1, 1)	0.000000	-71136.14
XDCPS (1, 3, 1, 2, 1)	0.000000	-71136.14
XDCPS (1, 3, 1, 3, 1)	4.000000	-71136.14
XDCPS (1, 4, 1, 1, 1)	0.000000	-14633.29
XDCPS (1, 4, 1, 2, 1)	0.000000	-14633.29
XDCPS (1, 4, 1, 3, 1)	4.000000	-14633.29
XDCPS (1, 5, 1, 1, 1)	0.000000	-46907.78
XDCPS (1, 5, 1, 2, 1)	0.000000	-46907.78
XDCPS (1, 5, 1, 3, 1)	0.000000	-46907.78
X (1, 1)	0.000000	500000.0
X (1, 2)	0.000000	500000.0

X(1, 3)	0.000000	500000.0
X(1, 4)	150.0000	500000.0
KM(1, 1)	280.0000	0.000000
KM(1, 2)	501.0000	0.000000
KM(1, 3)	745.0000	0.000000
KM(2, 1)	58.00000	0.000000
KM(2, 2)	252.0000	0.000000
KM(2, 3)	505.0000	0.000000
KM(3, 1)	358.0000	0.000000
KM(3, 2)	127.0000	0.000000
KM(3, 3)	205.0000	0.000000
KM(4, 1)	622.0000	0.000000
KM(4, 2)	345.0000	0.000000
KM(4, 3)	45.00000	0.000000
KMRD(1, 1)	280.0000	0.000000
KMRD(1, 2)	58.00000	0.000000
KMRD(1, 3)	215.0000	0.000000
KMRD(1, 4)	622.0000	0.000000
KMRD(2, 1)	501.0000	0.000000
KMRD(2, 2)	252.0000	0.000000
KMRD(2, 3)	117.0000	0.000000
KMRD(2, 4)	345.0000	0.000000
KMRD(3, 1)	745.0000	0.000000
KMRD(3, 2)	505.0000	0.000000
KMRD(3, 3)	410.0000	0.000000
KMRD(3, 4)	45.00000	0.000000
KMD(1, 1)	280.0000	0.000000
KMD(1, 2)	58.00000	0.000000
KMD(1, 3)	215.0000	0.000000
KMD(1, 4)	622.0000	0.000000
KMD(2, 1)	501.0000	0.000000
KMD(2, 2)	252.0000	0.000000
KMD(2, 3)	117.0000	0.000000
KMD(2, 4)	345.0000	0.000000
KMD(3, 1)	745.0000	0.000000
KMD(3, 2)	505.0000	0.000000
KMD(3, 3)	410.0000	0.000000
KMD(3, 4)	45.00000	0.000000
KMRA(1, 1)	200.0000	0.000000
KMRA(2, 1)	360.0000	0.000000
KMRA(3, 1)	600.0000	0.000000
KMA(1, 1)	200.0000	0.000000
KMA(2, 1)	360.0000	0.000000
KMA(3, 1)	600.0000	0.000000

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	414212.7	-1.000000
2	0.000000	-1.000000
3	0.000000	-1.000000
4	0.000000	1.000000
5	0.000000	-1.000000
6	0.000000	1.000000
7	0.000000	1.000000
8	-0.2346832E-07	1.000000
9	-0.1490116E-07	1.000000
10	-0.9313226E-08	-1.000000
11	0.000000	-1.000000
12	-0.4548212E-08	-1.000000
13	0.000000	-1.000000
14	0.000000	-1.000000
15	0.000000	-1.000000
16	0.000000	-1.000000
17	0.000000	-1.000000
18	0.000000	-1.000000

19	0.000000	-1.000000
20	0.000000	1.000000
21	0.000000	1.000000
22	150.0000	0.000000
23	150.0000	0.000000
24	149.0000	0.000000
25	149.0000	0.000000
26	50.000000	0.000000
27	150.0000	0.000000
28	150.0000	0.000000
29	150.0000	0.000000
30	90.000000	0.000000
31	149.0000	0.000000
32	150.0000	0.000000
33	150.0000	0.000000
34	106.0000	0.000000
35	0.000000	0.000000
36	0.000000	0.000000
37	0.000000	0.000000
38	0.000000	0.000000
39	0.000000	0.000000
40	0.000000	0.000000
41	0.000000	0.000000
42	0.000000	0.000000
43	0.000000	0.000000
44	0.000000	0.000000
45	0.000000	0.000000
46	0.000000	0.000000
47	100.0000	0.000000
48	100.0000	0.000000
49	0.000000	0.000000
50	0.000000	0.000000
51	0.000000	0.000000
52	100.0000	0.000000
53	100.0000	0.000000
54	100.0000	0.000000
55	100.0000	0.000000
56	100.0000	0.000000
57	100.0000	0.000000
58	100.0000	0.000000
59	100.0000	0.000000
60	100.0000	0.000000
61	100.0000	0.000000
62	99.000000	0.000000
63	100.0000	0.000000
64	100.0000	0.000000
65	100.0000	0.000000
66	99.000000	0.000000
67	100.0000	0.000000
68	100.0000	0.000000
69	100.0000	0.000000
70	99.000000	0.000000
71	100.0000	0.000000
72	100.0000	0.000000
73	100.0000	0.000000
74	100.0000	0.000000
75	100.0000	0.000000
76	100.0000	0.000000
77	0.000000	0.000000
78	0.000000	0.000000
79	0.000000	0.000000
80	0.000000	0.000000
81	0.000000	0.000000
82	0.000000	0.000000

83	0.000000	0.000000
84	0.000000	0.000000
85	0.000000	0.000000
86	0.000000	0.000000
87	0.000000	0.000000
88	0.000000	0.000000
89	0.000000	0.000000
90	0.000000	0.000000
91	0.000000	0.000000
92	0.000000	0.000000
93	0.000000	0.000000
94	0.000000	0.000000
95	0.000000	0.000000
96	0.000000	0.000000
97	0.000000	0.000000
98	0.000000	0.000000
99	0.000000	0.000000
100	0.000000	0.000000
101	0.000000	0.000000
102	0.000000	0.000000
103	0.000000	0.000000
104	0.000000	0.000000
105	0.000000	0.000000
106	0.000000	0.000000
107	0.000000	0.000000
108	0.000000	0.000000
109	0.000000	0.000000
110	0.000000	0.000000
111	0.000000	0.000000
112	0.000000	0.000000
113	0.000000	0.000000
114	0.000000	0.000000
115	0.000000	0.000000
116	0.000000	0.000000
117	0.000000	0.000000
118	0.000000	0.000000
119	0.000000	0.000000
120	0.000000	0.000000
121	0.000000	0.000000
122	0.000000	0.000000
123	0.000000	0.000000
124	0.000000	0.000000
125	0.000000	0.000000
126	0.000000	0.000000
127	0.000000	0.000000
128	0.000000	0.000000
129	0.000000	0.000000
130	0.000000	0.000000
131	0.000000	0.000000
132	0.000000	0.000000
133	0.000000	0.000000
134	0.000000	0.000000
135	0.000000	0.000000
136	0.000000	0.000000
137	0.000000	0.000000
138	0.000000	0.000000
139	0.000000	0.000000
140	0.000000	0.000000
141	0.000000	0.000000
142	0.000000	0.000000
143	0.000000	0.000000
144	0.000000	0.000000
145	0.000000	0.000000
146	0.000000	0.000000

147	0.000000	0.000000
148	0.000000	0.000000
149	0.000000	0.000000
150	0.000000	0.000000
151	0.000000	0.000000
152	149.0000	0.000000
153	0.000000	0.000000
154	0.000000	0.000000
155	0.000000	0.000000
156	0.000000	0.000000
157	0.000000	0.000000
158	108.0000	0.000000
159	0.000000	0.000000
160	0.000000	0.000000
161	1100.000	0.000000
162	0.000000	0.000000
163	1770.000	0.000000
164	0.000000	0.000000
165	0.000000	0.000000
166	0.000000	0.000000
167	3366.000	0.000000
168	150.0000	0.000000
169	150.0000	0.000000
170	150.0000	0.000000
171	0.000000	0.000000
172	0.000000	0.000000
173	0.000000	0.000000
174	44.00000	0.000000
175	0.000000	0.000000
176	0.000000	0.000000
177	29.00000	0.000000
178	0.000000	0.000000
179	0.000000	0.000000
180	0.000000	0.000000
181	0.000000	0.000000
182	0.000000	0.000000
183	0.000000	0.000000
184	0.000000	0.000000
185	0.000000	0.000000
186	0.000000	0.000000
187	0.000000	0.000000
188	0.000000	0.000000
189	0.000000	0.000000
190	0.000000	0.000000
191	0.000000	0.000000
192	0.000000	0.000000
193	0.000000	0.000000
194	0.000000	0.000000
195	1.000000	0.000000
196	0.000000	0.000000
197	0.000000	0.000000
198	1.000000	0.000000
199	0.000000	0.000000
200	0.000000	0.000000
201	0.000000	0.000000
202	0.000000	0.000000
203	0.000000	0.000000
204	0.000000	0.000000
205	0.000000	0.000000
206	0.000000	0.000000
207	0.000000	0.000000
208	0.000000	0.000000
209	0.000000	0.000000
210	0.600000	0.000000

211	2.000000	0.000000
212	2.000000	0.000000
213	2.000000	0.000000
214	0.000000	0.000000
215	0.000000	0.000000
216	0.000000	0.000000
217	0.000000	0.000000

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

Lampiran 1.b. Coding dengan Lingo 11 Hasil Aplikasi Model untuk Analisis Sensitivitas Skenario 1 (Sub – Bab 5.3.1 & 5.3.2)

```

sets:
pusat_pengumpulan/1..4/:KPK;!k;
pabrik_disassembly/1..3/:YDA,KDA,FDA;!j;
pabrik_repair/1..3/:YRP,KRP,FRP;!h;
pabrik_refurbish/1..3/:YRF,KRF,FRF;!i;
recycler/1..1/::!r;
assembly_plant/1..1/::!a;
dealer/1..4/::!d;
tipe_produk/1..1/:MEOL,W,BI,BTR,T;!q;
tipe_assembly/1..1/::!s;
tipe_part/1..5/::!p;
limbah/1..1/::!l;
QSID(tipe_produk,tipe_assembly,pabrik_refurbish,dealer):XRD;
QSHD(tipe_produk,tipe_assembly,pabrik_repair,dealer):XDES;
QSD(tipe_produk,tipe_assembly,dealer):PDES;
QSIA(tipe_produk,tipe_assembly,pabrik_refurbish,assembly_plant):XRA;
QSHA(tipe_produk,tipe_assembly,pabrik_repair,assembly_plant):XAPS;
QSA(tipe_produk,tipe_assembly,assembly_plant):PAPS;
QPHD(tipe_produk,tipe_part,pabrik_repair,dealer):XDEP;
QPD(tipe_produk,tipe_part,dealer):PDEP;
QPHA(tipe_produk,tipe_part,pabrik_repair,assembly_plant):XAPP;
QPA(tipe_produk,tipe_part,assembly_plant):PAPP;
QPSHD(tipe_produk,tipe_part,tipe_assembly,pabrik_repair,dealer):XD
EPS;
QPSD(tipe_produk,tipe_part,tipe_assembly,dealer):PDEPS;
QPSHA(tipe_produk,tipe_part,tipe_assembly,pabrik_repair,assembly_p
lant):XAPPS;
QPSA(tipe_produk,tipe_part,tipe_assembly,assembly_plant):PAPPS;
QSJI(tipe_produk,tipe_assembly,pabrik_disassembly,pabrik_refurbish
):XDR;
QSI(tipe_produk,tipe_assembly,pabrik_refurbish)::;
QSJH(tipe_produk,tipe_assembly,pabrik_disassembly,pabrik_repair):X
DRS;
QSH(tipe_produk,tipe_assembly,pabrik_repair)::;
QPJH(tipe_produk,tipe_part,pabrik_disassembly,pabrik_repair):XDRP;
QPH(tipe_produk,tipe_part,pabrik_repair)::;
QPSJH(tipe_produk,tipe_part,tipe_assembly,pabrik_disassembly,pabri
k_repair):XDRPS;
QPSH(tipe_produk,tipe_part,tipe_assembly,pabrik_repair)::;
QJK(tipe_produk,pabrik_disassembly,pusat_pengumpulan):XQ;
QS(tipe_produk,tipe_assembly):aa,alpha,gammaS,WS,BRS,BR,BIS,BIRS,B
PDS,ERS,EPS,EF,BTS,HDS,HAS,HRS,TR,TRS;
QSJR(tipe_produk,tipe_assembly,pabrik_disassembly,recycler):XD
CS;
QSJ(tipe_produk,tipe_assembly,pabrik_disassembly):XS;
QP(tipe_produk,tipe_part):b,gammaP,WP,BRP,BLP,BIP,BPDP,ERP,EPP,ELP
,BTP,HDP,HAP,HRP,TRP;
QPJL(tipe_produk,tipe_part,pabrik_disassembly,limbah):XDL
P;
QPJR(tipe_produk,tipe_part,pabrik_disassembly,recycler):XD
CP;
QPJ(tipe_produk,tipe_part,pabrik_disassembly)::;
QPS(tipe_produk,tipe_part,tipe_assembly):f,gammaPS,WPS,BRPS,BLPS,B
IPS,BPDPS,ERPS,EPPS,ELPS,BTPS,HDP
S,HAPS,HRPS,TRPS;
QPSJL(tipe_produk,tipe_part,tipe_assembly,pabrik_disassembly,limba
h):XDLPS;

```

```

QPSJR(tipe_produk,tipe_part,tipe_assembly,pabrik_disassembly,recycler):XDCPS;
QPSJ(tipe_produk,tipe_part,tipe_assembly,pabrik_disassembly)::
QK(tipe_produk,pusat_pengumpulan):X;
QJ(tipe_produk,pabrik_disassembly)::
SR(tipe_assembly,recycler)::
PR(tipe_part,recycler)::
PSR(tipe_part,tipe_assembly,recycler)::
QSJK(tipe_produk,tipe_assembly,pabrik_disassembly,pusat_pengumpulan)::
QPJK(tipe_produk,tipe_part,pabrik_disassembly,pusat_pengumpulan)::
QPSJK(tipe_produk,tipe_part,tipe_assembly,pabrik_disassembly,pusat_pengumpulan)::
KJ(pusat_pengumpulan,pabrik_disassembly):KM;
ID(pabrik_refurbish,dealer):KMRD;
HD(pabrik_repair,dealer):KMD;
IA(pabrik_refurbish,assembly_plant):KMRA;
HA(pabrik_repair,assembly_plant):KMA;
endsets

```

```

data:
KPK,KDA,FDA,KRP,FRP,KRF,FRF =
@OLE("Data.xlsx",'KPK','KDA','FDA','KRP','FRP','KRF','FRF');
MEOL = 150;
W = 18748;
BI = 10000;
BTR = 18748;
T = 10;
teta = 0.3;
PD = 500000;
PRL =30000000;
AE =10000;
AR = 800000;
AP = 1500000;

HDS,HAS,HRS,HDP,HAP,HRP,HDPS,HAPS,HRPS =
@OLE("Data.xlsx",'HDS','HAS','HRS','HDP','HAP','HRP','HDPS','HAPS','HRPS');
PDES,PAPS,PDEP,PAPP,PDEPS,PAPPS =
@OLE("Data.xlsx",'PDES','PAPS','PDEP','PAPP','PDEPSS','PAPPSS');
aa,b,f,alpha,gammaS,gammaP,gammaPS =
@OLE("Data.xlsx",'a','b','f','alpha','gammaS','gammaP','gammaPS');
WS,WP,WPS,ERS,ERP,ERPS,EPS,EPP,EPPS,EF,ELP,ELPS =
@OLE("Data.xlsx",'WS','WP','WPS','ERS','ERP','ERPS','EPS','EPP','EPPS','EF','ELP','ELPS');
BRS,BRP,BRPS,BR,BLP,BLPS,BIS,BIP,BIPS,BIRS,BPDS,BPDP,BPDPS,BTS,BTP,BTPS =
@OLE("Data.xlsx",BRS,BRP,BRPS,BR,BLP,BLPS,BIS,BIP,BIPS,BIRS,BPDS,BPDP,BPDPS,BTS,BTP,BTPS);
TR,TRS,TRP,TRPS = @OLE("Data.xlsx",TR,TRS,TRP,TRPS);
KM,KMRD,KMD,KMRA,KMA = @OLE("Data.xlsx",KM,KMRD,KMD,KMRA,KMA);
enddata

```

```

MIN = d1 + d2 + d3 + d4;
berat_sparepart_didaurulang + d4 = AR;
berat_sparepart_dipulihkan + d3 = AP;
emisi_CO2 - d2 = AE;
pendapatan_bersih + d1= PRL;

```

```

!net income;
pendapatan_bersih = total_pendapatan - total_biaya;
total_pendapatan = pendapatan_jual_sparepart +
pendapatan_dari_recycler;
pendapatan_jual_sparepart =
@sum(QSID(q,s,i,d):HDS(q,s)*XRD(q,s,i,d))+@sum(QSHD(q,s,h,d):HDS(q
,s)*XDES(q,s,h,d)) + @sum(QPHD(q,p,h,d):HDP(q,p)*XDEP(q,p,h,d)) +
@sum(QPSHD(q,p,s,h,d):HDPS(q,p,s)*XDEPS(q,p,s,h,d))+
@sum(QSIA(q,s,i,a):HAS(q,s)*XRA(q,s,i,a))+@sum(QSHA(q,s,h,a):HAS(q
,s)*XAPS(q,s,h,a)) + @sum(QPHA(q,p,h,a):HAP(q,p)*XAPP(q,p,h,a)) +
@sum(QPSHA(q,p,s,h,a):HAPS(q,p,s)*XAPPS(q,p,s,h,a));
pendapatan_dari_recycler =
@sum(QSJR(q,s,j,r):HRS(q,s)*WS(q,s)*XDCS(q,s,j,r)) +
@sum(QPJR(q,p,j,r):HRP(q,p)*WP(q,p)*XDCP(q,p,j,r)) +
@sum(QPSJR(q,p,s,j,r):HRPS(q,p,s)*WPS(q,p,s)*XDCPS(q,p,s,j,r));
total_biaya = pendanaan + transportasi + inspeksi + disassembly +
repair + refurbish + disposal_limbah + biaya_tetap;
pendanaan = PD*@sum(QK(q,k):X(q,k));
transportasi = @sum(QJK(q,j,k):BTR(q)*XQ(q,j,k)*KM(k,j)) +
@sum(QSID(q,s,i,d):BTS(q,s)*XRD(q,s,i,d)*KMRD(i,d)) +
@sum(QSHD(q,s,h,d):BTS(q,s)*XDES(q,s,h,d)*KMD(h,d)) +
@sum(QPHD(q,p,h,d):BTP(q,p)*XDEP(q,p,h,d)*KMD(h,d)) +
@sum(QPSHD(q,p,s,h,d):BTPS(q,p,s)*XDEPS(q,p,s,h,d)*KMD(h,d)) +
@sum(QSIA(q,s,i,a):BTS(q,s)*XRA(q,s,i,a)*KMRA(i,a)) +
@sum(QSHA(q,s,h,a):BTS(q,s)*XAPS(q,s,h,a)*KMA(h,a)) +
@sum(QPHA(q,p,h,a):BTP(q,p)*XAPP(q,p,h,a)*KMA(h,a)) +
@sum(QPSHA(q,p,s,h,a):BTPS(q,p,s)*XAPPS(q,p,s,h,a)*KMA(h,a));
inspeksi = @sum(QJK(q,j,k):BI(q)*XQ(q,j,k)) +
@sum(QSJI(q,s,j,i):BIRS(q,s)*XDR(q,s,j,i)) +
@sum(QSJH(q,s,j,h):BIS(q,s)*XDRS(q,s,j,h)) +
@sum(QPJH(q,p,j,h):BIP(q,p)*XDRP(q,p,j,h)) +
@sum(QPSJH(q,p,s,j,h):BIPS(q,p,s)*XDRPS(q,p,s,j,h));
disassembly = @sum(QSJK(q,s,j,k):BPDS(q,s)*XQ(q,j,k)*aa(q,s)) +
@sum(QPJK(q,p,j,k):BPDP(q,p)*XQ(q,j,k)*b(q,p)) +
@sum(QPSJ(q,p,s,j):BPDP(q,p,s)*XS(q,s,j)*f(q,p,s));
repair = @sum(QSHD(q,s,h,d):BRS(q,s)*XDES(q,s,h,d)) +
@sum(QSHA(q,s,h,a):BRS(q,s)*XAPS(q,s,h,a)) +
@sum(QPHD(q,p,h,d):BRP(q,p)*XDEP(q,p,h,d)) +
@sum(QPHA(q,p,h,a):BRP(q,p)*XAPP(q,p,h,a)) +
@sum(QPSHD(q,p,s,h,d):BRPS(q,p,s)*XDEPS(q,p,s,h,d)) +
@sum(QPSHA(q,p,s,h,a):BRPS(q,p,s)*XAPPS(q,p,s,h,a));
refurbish = @sum(QSID(q,s,i,d):BR(q,s)*XRD(q,s,i,d)) +
@sum(QSIA(q,s,i,a):BR(q,s)*XRA(q,s,i,a));
disposal_limbah = @sum(QPJL(q,p,j,l):BLP(q,p)*XDLP(q,p,j,l)) +
@sum(QPSJL(q,p,s,j,l):BLPS(q,p,s)*XDLPS(q,p,s,j,l));
biaya_tetap = @sum(pabrik_disassembly(j):FDA(j)*YDA(j)) +
@sum(pabrik_refurbish(i):FRF(i)*YRF(i)) +
@sum(pabrik_repair(h):FRP(h)*YRP(h));

!dampak lingkungan dari alternatif pemulihan;
emisi_CO2 = @sum(QSJR(q,s,j,r):ERS(q,s)*XDCS(q,s,j,r)) +
@sum(QPJR(q,p,j,r):ERP(q,p)*XDCP(q,p,j,r)) +
@sum(QPSJR(q,p,s,j,r):ERPS(q,p,s)*XDCPS(q,p,s,j,r)) +
@sum(QSHD(q,s,h,d):EPS(q,s)*XDES(q,s,h,d)) +
@sum(QSHA(q,s,h,a):EPS(q,s)*XAPS(q,s,h,a)) +
@sum(QPHD(q,p,h,d):EPP(q,p)*XDEP(q,p,h,d))

```

```

@sum(QPHA(q,p,h,a):EPP(q,p)*XAPP(q,p,h,a)) +
@sum(QPSHD(q,p,s,h,d):EPPS(q,p,s)*XDEPS(q,p,s,h,d)) +
@sum(QPSHA(q,p,s,h,a):EPPS(q,p,s)*XAPPS(q,p,s,h,a)) +
@sum(QSID(q,s,i,d):EF(q,s)*XRD(q,s,i,d)) +
@sum(QSIA(q,s,i,a):EF(q,s)*XRA(q,s,i,a)) +
@sum(QPJL(q,p,j,l):ELP(q,p)*XDLP(q,p,j,l)) +
@sum(QPSJL(q,p,s,j,l):ELPS(q,p,s)*XDLPS(q,p,s,j,l));

!jumlah komponen yang dijual daur ulang;
berat_sparepart_didaurulang =
@sum(QSJR(q,s,j,r):WS(q,s)*XDSCS(q,s,j,r)) +
@sum(QPJR(q,p,j,r):WP(q,p)*XDPC(q,p,j,r)) +
@sum(QPSJR(q,p,s,j,r):WPS(q,p,s)*XDPCS(q,p,s,j,r));

!jumlah komponen yang dipulihkan;
berat_sparepart_dipulihkan =
@sum(QSHD(q,s,h,d):WS(q,s)*XDES(q,s,h,d)) +
@sum(QSHA(q,s,h,a):WS(q,s)*XAPS(q,s,h,a)) +
@sum(QPHD(q,p,h,d):WP(q,p)*XDEP(q,p,h,d)) +
@sum(QPHA(q,p,h,a):WP(q,p)*XAPP(q,p,h,a)) +
@sum(QPSHD(q,p,s,h,d):WPS(q,p,s)*XDEPS(q,p,s,h,d)) +
@sum(QPSHA(q,p,s,h,a):WPS(q,p,s)*XAPPS(q,p,s,h,a)) +
@sum(QSID(q,s,i,d):WS(q,s)*XRD(q,s,i,d)) +
@sum(QSIA(q,s,i,a):WS(q,s)*XRA(q,s,i,a));

!kendala permintaan;
@for(QSD(q,s,d):@sum(pabrik_refurbish(i):XRD(q,s,i,d))+@sum(pabrik_repair(h):XDES(q,s,h,d))<=PDES(q,s,d));
@for(QSA(q,s,a):@sum(pabrik_refurbish(i):XRA(q,s,i,a))+@sum(pabrik_repair(h):XAPS(q,s,h,a))<=PAPS(q,s,a));

@for(QPD(q,p,d):@sum(pabrik_repair(h):XDEP(q,p,h,d))<=PDEP(q,p,d));
;
@for(QPA(q,p,a):@sum(pabrik_repair(h):XAPP(q,p,h,a))<=PAPP(q,p,a));
;

@for(QPSD(q,p,s,d):@sum(pabrik_repair(h):XDEPS(q,p,s,h,d))<=PDEPS(q,p,s,d));
@for(QPSA(q,p,s,a):@sum(pabrik_repair(h):XAPPS(q,p,s,h,a))<=PAPPS(q,p,s,a));

!kendala keseimbangan input output;
@for(QSI(q,s,i):@sum(pabrik_disassembly(j):XDR(q,s,j,i))=@sum(dealer(d):XRD(q,s,i,d))+@sum(assembly_plant(a):XRA(q,s,i,a)));
@for(QSH(q,s,h):@sum(pabrik_disassembly(j):XDRS(q,s,j,h))=@sum(dealer(d):XDES(q,s,h,d))+@sum(assembly_plant(a):XAPS(q,s,h,a)));

@for(QPH(q,p,h):@sum(pabrik_disassembly(j):XDRP(q,p,j,h))=@sum(dealer(d):XDEP(q,p,h,d))+@sum(assembly_plant(a):XAPP(q,p,h,a)));

@for(QPSH(q,p,s,h):@sum(pabrik_disassembly(j):XDRPS(q,p,s,j,h))=@sum(dealer(d):XDEPS(q,p,s,h,d))+@sum(assembly_plant(a):XAPPS(q,p,s,h,a)));

@for(QSJ(q,s,j):@sum(pusat_pengumpulan(k):XQ(q,j,k))*aa(q,s)=@sum(pabrik_refurbish(i):XDR(q,s,j,i))+@sum(pabrik_repair(h):XDRS(q,s,j,h))+@sum(recycler(r):XDSCS(q,s,j,r))+XS(q,s,j));

```

```

@for (QPJ(q,p,j):@sum(pusat_pengumpulan(k):XQ(q,j,k))*b(q,p)=@sum(limbah(l):XDLP(q,p,j,l))+@sum(pabrik_repair(h):XDRP(q,p,j,h))+@sum(recycler(r):XDCP(q,p,j,r)));

@for (QPSJ(q,p,s,j):XS(q,s,j)*f(q,p,s)=@sum(limbah(l):XDLPS(q,p,s,j,l))+@sum(pabrik_repair(h):XDRPS(q,p,s,j,h))+@sum(recycler(r):XDCPS(q,p,s,j,r)));

@for (QK(q,k):@sum(pabrik_disassembly(j):XQ(q,j,k))=X(q,k));

!kendala pembukaan fasilitas pengumpulan dan pemulihan kendaraan;
@for (pabrik_disassembly(j):@sum(QK(q,k):XQ(q,j,k))>=YDA(j));

@for (pabrik_refurbish(i):@sum(QSJ(q,s,j):XDR(q,s,j,i))>=YRF(i));

@for (pabrik_repair(h):@sum(QSJ(q,s,j):XDRS(q,s,j,h))+@sum(QPJ(q,p,j):XDRP(q,p,j,h))+@sum(QPSJ(q,p,s,j):XDRPS(q,p,s,j,h))>=YRP(h));

!kendala kapasitas;
@for (pabrik_disassembly(j):@sum(QK(q,k):T(q)*XQ(q,j,k))<=YDA(j)*KDA(j));

@for (pabrik_refurbish(i):@sum(QSJ(q,s,j):TR(q,s)*XDR(q,s,j,i))<=YRF(i)*KRF(i));

@for (pabrik_repair(h):@sum(QSJ(q,s,j):TRS(q,s)*XDRS(q,s,j,h))+@sum(QPJ(q,p,j):TRP(q,p)*XDRP(q,p,j,h))+@sum(QPSJ(q,p,s,j):TRPS(q,p,s)*XDRPS(q,p,s,j,h))<=YRP(h)*KRP(h));

@for (pusat_pengumpulan(k):@sum(tipe_produk(q):X(q,k))<=KPK(k));

!kendala kemampuan pemulihan dilakukan;
@for (QSJ(q,s,j):@sum(pabrik_refurbish(i):XDR(q,s,j,i))<=alpha(q,s)*aa(q,s)*@sum(pusat_pengumpulan(k):XQ(q,j,k)));
@for (QSJ(q,s,j):@sum(pabrik_repair(h):XDRS(q,s,j,h))<=gammaS(q,s)*aa(q,s)*@sum(pusat_pengumpulan(k):XQ(q,j,k)));

@for (QPJ(q,p,j):@sum(pabrik_repair(h):XDRP(q,p,j,h))<=gammaP(q,p)*b(q,p)*@sum(pusat_pengumpulan(k):XQ(q,j,k)));

@for (QPSJ(q,p,s,j):@sum(pabrik_repair(h):XDRPS(q,p,s,j,h))<=gammaPS(q,p,s)*f(q,p,s)*XS(q,s,j));

@for (QJ(q,j):@sum(SR(s,r):WS(q,s)*XDCS(q,s,j,r))+@sum(PR(p,r):WP(q,p)*XDCP(q,p,j,r))+@sum(PSR(p,s,r):WPS(q,p,s)*XDCPS(q,p,s,j,r))<=ta*W(q)*@sum(pusat_pengumpulan(k):XQ(q,j,k)));

!kendala keterbatasan jumlah fasilitas;
@sum(pabrik_disassembly(j):YDA(j))<=MDA;

@sum(pabrik_refurbish(i):YRF(i))<=MRF;

@sum(pabrik_repair(h):YRP(h))<=MRP;

@sum(pabrik_disassembly(j):YDA(j))>=1;

```

```

@sum(pabrik_refurbish(i):YRF(i))>=1;

@sum(pabrik_repair(h):YRP(h))>=1;

!kendala ketersediaan produk EOL;
@for(tipe_produk(q):@sum(pusat_pengumpulan(k):X(q,k))=MEOL(q));

!kendala biner;
@for(pabrik_disassembly(j):@bin(YDA(j)));

@for(pabrik_refurbish(i):@bin(YRF(i)));

@for(pabrik_repair(h):@bin(YRP(h)));

!kendala integer;
@for(QK:@gin(X));
@for(QJK:@gin(XQ));
@for(QSJ:@gin(XS));
@for(QSJI:@gin(XDR));
@for(QSJH:@gin(XDRS));
@for(QPJH:@gin(XDRP));
@for(QPSJH:@gin(XDRPS));
@for(QSJR:@gin(XDCS));
@for(QPJR:@gin(XDCP));
@for(QPSJR:@gin(XDCPS));
@for(QPJL:@gin(XDLP));
@for(QPSJL:@gin(XDLPs));
@for(QSID:@gin(XRD));
@for(QSIA:@gin(XRA));
@for(QSHD:@gin(XDES));
@for(QSHA:@gin(XAPS));
@for(QPHD:@gin(XDEP));
@for(QPHA:@gin(XAPP));
@for(QPSHD:@gin(XDEPS));
@for(QPSHA:@gin(XAPPS));

```

```

Global optimal solution found.
Objective value:                173200.0
Objective bound:                173200.0
Infeasibilities:               0.2980232E-07
Extended solver steps:         241349
Total solver iterations:       1821458

```

Variable	Value	Reduced Cost
TETA	0.3000000	0.000000
PD	500000.0	0.000000
PRL	0.3000000E+08	0.000000
AE	10000.00	0.000000
AR	800000.0	0.000000
AP	1500000.	0.000000
D1	0.2005002E-01	0.000000
D2	0.1580000E-01	0.000000
D3	173194.0	0.000000
D4	6.000000	0.000000
BERAT_SPAREPART_DIDAURULANG	799994.0	0.000000
BERAT_SPAREPART_DIPULIHKAN	1326806.	0.000000
EMISI_CO2	10000.02	0.000000
PENDAPATAN_BERSIH	0.3000000E+08	0.000000
TOTAL_PENDAPATAN	0.2749029E+09	0.000000

TOTAL_BIAYA	0.2449029E+09	0.000000
PENDAPATAN_JUAL_SPAREPART	0.1873997E+09	0.000000
PENDAPATAN_DARI_RECYCLER	0.8750323E+08	0.000000
PENDANAAN	0.7500000E+08	0.000000
TRANSPORTASI	0.1332526E+09	0.000000
INSPEKSI	2324500.	0.000000
DISASSEMBLY	7746435.	0.000000
REPAIR	2930405.	0.000000
REFURBISH	3225618.	0.000000
DISPOSAL_LIMBAH	2623310.	0.000000
BIAYA_TETAP	0.1780000E+08	0.000000
MDA	3.000000	0.000000
MRF	3.000000	0.000000
MRP	3.000000	0.000000
KPK(1)	150.0000	0.000000
KPK(2)	150.0000	0.000000
KPK(3)	150.0000	0.000000
KPK(4)	150.0000	0.000000
YDA(1)	0.000000	3200000.
YDA(2)	0.000000	3200000.
YDA(3)	1.000000	4000000.
KDA(1)	2600.000	0.000000
KDA(2)	2200.000	0.000000
KDA(3)	2600.000	0.000000
FDA(1)	3200000.	0.000000
FDA(2)	3200000.	0.000000
FDA(3)	4000000.	0.000000
YRP(1)	0.000000	6000000.
YRP(2)	0.000000	5680000.
YRP(3)	1.000000	6800000.
KRP(1)	3100.000	0.000000
KRP(2)	2800.000	0.000000
KRP(3)	3600.000	0.000000
FRP(1)	6000000.	0.000000
FRP(2)	5680000.	0.000000
FRP(3)	6800000.	0.000000
YRF(1)	1.000000	7000000.
YRF(2)	0.000000	6200000.
YRF(3)	0.000000	7500000.
KRF(1)	1800.000	0.000000
KRF(2)	1800.000	0.000000
KRF(3)	1800.000	0.000000
FRF(1)	7000000.	0.000000
FRF(2)	6200000.	0.000000
FRF(3)	7500000.	0.000000
MEOL(1)	150.0000	0.000000
W(1)	18748.00	0.000000
BI(1)	10000.00	0.000000
BTR(1)	18748.00	0.000000
T(1)	10.00000	0.000000
XRD(1, 1, 1, 1)	0.000000	-80083.38
XRD(1, 1, 1, 2)	30.00000	-286765.4
XRD(1, 1, 1, 3)	0.000000	-140598.4
XRD(1, 1, 1, 4)	0.000000	238318.6
XRD(1, 1, 2, 1)	0.000000	125667.6
XRD(1, 1, 2, 2)	0.000000	-106151.4
XRD(1, 1, 2, 3)	0.000000	-231836.4
XRD(1, 1, 2, 4)	0.000000	-19568.38
XRD(1, 1, 3, 1)	0.000000	352831.6
XRD(1, 1, 3, 2)	0.000000	129391.6
XRD(1, 1, 3, 3)	0.000000	40946.62
XRD(1, 1, 3, 4)	0.000000	-298868.4
XDES(1, 1, 1, 1)	0.000000	-133855.5
XDES(1, 1, 1, 2)	0.000000	-340537.5

XDES (1, 1, 1, 3)	0.000000	-194370.5
XDES (1, 1, 1, 4)	0.000000	184546.5
XDES (1, 1, 2, 1)	0.000000	71895.49
XDES (1, 1, 2, 2)	0.000000	-159923.5
XDES (1, 1, 2, 3)	0.000000	-285608.5
XDES (1, 1, 2, 4)	0.000000	-73340.51
XDES (1, 1, 3, 1)	0.000000	299059.5
XDES (1, 1, 3, 2)	0.000000	75619.49
XDES (1, 1, 3, 3)	0.000000	-12825.51
XDES (1, 1, 3, 4)	6.000000	-352640.5
PDES (1, 1, 1)	150.0000	0.000000
PDES (1, 1, 2)	150.0000	0.000000
PDES (1, 1, 3)	150.0000	0.000000
PDES (1, 1, 4)	150.0000	0.000000
XRA (1, 1, 1, 1)	0.000000	-97381.97
XRA (1, 1, 2, 1)	0.000000	51578.03
XRA (1, 1, 3, 1)	0.000000	275018.0
XAPS (1, 1, 1, 1)	0.000000	-151154.1
XAPS (1, 1, 2, 1)	0.000000	-2194.097
XAPS (1, 1, 3, 1)	0.000000	221245.9
PAPS (1, 1, 1)	50.00000	0.000000
XDEP (1, 1, 1, 1)	0.000000	-412290.4
XDEP (1, 1, 1, 2)	0.000000	-625410.4
XDEP (1, 1, 1, 3)	0.000000	-474690.4
XDEP (1, 1, 1, 4)	0.000000	-83970.40
XDEP (1, 1, 2, 1)	0.000000	-200130.4
XDEP (1, 1, 2, 2)	0.000000	-439170.4
XDEP (1, 1, 2, 3)	0.000000	-568770.4
XDEP (1, 1, 2, 4)	0.000000	-349890.4
XDEP (1, 1, 3, 1)	0.000000	34109.60
XDEP (1, 1, 3, 2)	0.000000	-196290.4
XDEP (1, 1, 3, 3)	0.000000	-287490.4
XDEP (1, 1, 3, 4)	94.00000	-637890.4
XDEP (1, 2, 1, 1)	0.000000	-944109.3
XDEP (1, 2, 1, 2)	0.000000	-959649.3
XDEP (1, 2, 1, 3)	0.000000	-948659.3
XDEP (1, 2, 1, 4)	0.000000	-920169.3
XDEP (1, 2, 2, 1)	0.000000	-928639.3
XDEP (1, 2, 2, 2)	0.000000	-946069.3
XDEP (1, 2, 2, 3)	0.000000	-955519.3
XDEP (1, 2, 2, 4)	0.000000	-939559.3
XDEP (1, 2, 3, 1)	0.000000	-911559.3
XDEP (1, 2, 3, 2)	0.000000	-928359.3
XDEP (1, 2, 3, 3)	3.000000	-935009.3
XDEP (1, 2, 3, 4)	102.0000	-960559.3
XDEP (1, 3, 1, 1)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 3, 1, 2)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 3, 1, 3)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 3, 1, 4)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 3, 2, 1)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 3, 2, 2)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 3, 2, 3)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 3, 2, 4)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 3, 3, 1)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 3, 3, 2)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 3, 3, 3)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 3, 3, 4)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 4, 1, 1)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 4, 1, 2)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 4, 1, 3)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 4, 1, 4)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 4, 2, 1)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 4, 2, 2)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 4, 2, 3)	0.000000	0.000000

XDEP (1, 4, 2, 4)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 4, 3, 1)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 4, 3, 2)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 4, 3, 3)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 4, 3, 4)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 5, 1, 1)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 5, 1, 2)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 5, 1, 3)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 5, 1, 4)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 5, 2, 1)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 5, 2, 2)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 5, 2, 3)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 5, 2, 4)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 5, 3, 1)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 5, 3, 2)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 5, 3, 3)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 5, 3, 4)	0.000000	0.000000
PDEP (1, 1, 1)	150.0000	0.000000
PDEP (1, 1, 2)	150.0000	0.000000
PDEP (1, 1, 3)	150.0000	0.000000
PDEP (1, 1, 4)	150.0000	0.000000
PDEP (1, 2, 1)	150.0000	0.000000
PDEP (1, 2, 2)	150.0000	0.000000
PDEP (1, 2, 3)	150.0000	0.000000
PDEP (1, 2, 4)	150.0000	0.000000
PDEP (1, 3, 1)	0.000000	0.000000
PDEP (1, 3, 2)	0.000000	0.000000
PDEP (1, 3, 3)	0.000000	0.000000
PDEP (1, 3, 4)	0.000000	0.000000
PDEP (1, 4, 1)	0.000000	0.000000
PDEP (1, 4, 2)	0.000000	0.000000
PDEP (1, 4, 3)	0.000000	0.000000
PDEP (1, 4, 4)	0.000000	0.000000
PDEP (1, 5, 1)	0.000000	0.000000
PDEP (1, 5, 2)	0.000000	0.000000
PDEP (1, 5, 3)	0.000000	0.000000
PDEP (1, 5, 4)	0.000000	0.000000
XAPP (1, 1, 1, 1)	0.000000	-276590.4
XAPP (1, 1, 2, 1)	0.000000	-122990.4
XAPP (1, 1, 3, 1)	0.000000	107409.6
XAPP (1, 2, 1, 1)	0.000000	-644959.3
XAPP (1, 2, 2, 1)	0.000000	-633759.3
XAPP (1, 2, 3, 1)	0.000000	-616959.3
XAPP (1, 3, 1, 1)	0.000000	0.000000
XAPP (1, 3, 2, 1)	0.000000	0.000000
XAPP (1, 3, 3, 1)	0.000000	0.000000
XAPP (1, 4, 1, 1)	0.000000	0.000000
XAPP (1, 4, 2, 1)	0.000000	0.000000
XAPP (1, 4, 3, 1)	0.000000	0.000000
XAPP (1, 5, 1, 1)	0.000000	0.000000
XAPP (1, 5, 2, 1)	0.000000	0.000000
XAPP (1, 5, 3, 1)	0.000000	0.000000
PAPP (1, 1, 1)	100.0000	0.000000
PAPP (1, 2, 1)	100.0000	0.000000
PAPP (1, 3, 1)	0.000000	0.000000
PAPP (1, 4, 1)	0.000000	0.000000
PAPP (1, 5, 1)	0.000000	0.000000
XDEPS (1, 1, 1, 1, 1)	0.000000	28532.92
XDEPS (1, 1, 1, 1, 2)	0.000000	-36291.08
XDEPS (1, 1, 1, 1, 3)	0.000000	9552.915
XDEPS (1, 1, 1, 1, 4)	0.000000	128396.9
XDEPS (1, 1, 1, 2, 1)	0.000000	93064.92
XDEPS (1, 1, 1, 2, 2)	0.000000	20356.91
XDEPS (1, 1, 1, 2, 3)	0.000000	-19063.08

XDEPS(1, 1, 1, 2, 4)	0.000000	47512.91
XDEPS(1, 1, 1, 3, 1)	0.000000	164312.9
XDEPS(1, 1, 1, 3, 2)	0.000000	94232.92
XDEPS(1, 1, 1, 3, 3)	0.000000	66492.91
XDEPS(1, 1, 1, 3, 4)	0.000000	-40087.08
XDEPS(1, 2, 1, 1, 1)	0.000000	-86016.86
XDEPS(1, 2, 1, 1, 2)	0.000000	-91344.86
XDEPS(1, 2, 1, 1, 3)	0.000000	-87576.86
XDEPS(1, 2, 1, 1, 4)	0.000000	-77808.86
XDEPS(1, 2, 1, 2, 1)	0.000000	-80712.86
XDEPS(1, 2, 1, 2, 2)	0.000000	-86688.86
XDEPS(1, 2, 1, 2, 3)	0.000000	-89928.86
XDEPS(1, 2, 1, 2, 4)	0.000000	-84456.86
XDEPS(1, 2, 1, 3, 1)	0.000000	-74856.86
XDEPS(1, 2, 1, 3, 2)	0.000000	-80616.86
XDEPS(1, 2, 1, 3, 3)	2.000000	-82896.86
XDEPS(1, 2, 1, 3, 4)	9.000000	-91656.86
XDEPS(1, 3, 1, 1, 1)	0.000000	48110.15
XDEPS(1, 3, 1, 1, 2)	0.000000	-44019.85
XDEPS(1, 3, 1, 1, 3)	0.000000	21135.15
XDEPS(1, 3, 1, 1, 4)	0.000000	190040.1
XDEPS(1, 3, 1, 2, 1)	0.000000	139825.1
XDEPS(1, 3, 1, 2, 2)	0.000000	36490.15
XDEPS(1, 3, 1, 2, 3)	0.000000	-19534.85
XDEPS(1, 3, 1, 2, 4)	0.000000	75085.15
XDEPS(1, 3, 1, 3, 1)	0.000000	241085.1
XDEPS(1, 3, 1, 3, 2)	0.000000	141485.1
XDEPS(1, 3, 1, 3, 3)	0.000000	102060.1
XDEPS(1, 3, 1, 3, 4)	5.000000	-49414.85
XDEPS(1, 4, 1, 1, 1)	0.000000	-97113.49
XDEPS(1, 4, 1, 1, 2)	0.000000	-108435.5
XDEPS(1, 4, 1, 1, 3)	0.000000	-100428.5
XDEPS(1, 4, 1, 1, 4)	0.000000	-79671.49
XDEPS(1, 4, 1, 2, 1)	0.000000	-85842.49
XDEPS(1, 4, 1, 2, 2)	0.000000	-98541.49
XDEPS(1, 4, 1, 2, 3)	0.000000	-105426.5
XDEPS(1, 4, 1, 2, 4)	0.000000	-93798.49
XDEPS(1, 4, 1, 3, 1)	0.000000	-73398.49
XDEPS(1, 4, 1, 3, 2)	0.000000	-85638.49
XDEPS(1, 4, 1, 3, 3)	4.000000	-90483.49
XDEPS(1, 4, 1, 3, 4)	9.000000	-109098.5
XDEPS(1, 5, 1, 1, 1)	0.000000	-81128.51
XDEPS(1, 5, 1, 1, 2)	0.000000	-114206.5
XDEPS(1, 5, 1, 1, 3)	0.000000	-90813.51
XDEPS(1, 5, 1, 1, 4)	0.000000	-30170.51
XDEPS(1, 5, 1, 2, 1)	0.000000	-48199.51
XDEPS(1, 5, 1, 2, 2)	0.000000	-85300.52
XDEPS(1, 5, 1, 2, 3)	0.000000	-105415.5
XDEPS(1, 5, 1, 2, 4)	0.000000	-71443.51
XDEPS(1, 5, 1, 3, 1)	0.000000	-11843.52
XDEPS(1, 5, 1, 3, 2)	0.000000	-47603.52
XDEPS(1, 5, 1, 3, 3)	0.000000	-61758.52
XDEPS(1, 5, 1, 3, 4)	14.000000	-116143.5
PDEPS(1, 1, 1, 1)	100.0000	0.000000
PDEPS(1, 1, 1, 2)	100.0000	0.000000
PDEPS(1, 1, 1, 3)	100.0000	0.000000
PDEPS(1, 1, 1, 4)	100.0000	0.000000
PDEPS(1, 2, 1, 1)	100.0000	0.000000
PDEPS(1, 2, 1, 2)	100.0000	0.000000
PDEPS(1, 2, 1, 3)	100.0000	0.000000
PDEPS(1, 2, 1, 4)	100.0000	0.000000
PDEPS(1, 3, 1, 1)	100.0000	0.000000
PDEPS(1, 3, 1, 2)	100.0000	0.000000
PDEPS(1, 3, 1, 3)	100.0000	0.000000

PDEPS (1, 3, 1, 4)	100.0000	0.000000
PDEPS (1, 4, 1, 1)	100.0000	0.000000
PDEPS (1, 4, 1, 2)	100.0000	0.000000
PDEPS (1, 4, 1, 3)	100.0000	0.000000
PDEPS (1, 4, 1, 4)	100.0000	0.000000
PDEPS (1, 5, 1, 1)	100.0000	0.000000
PDEPS (1, 5, 1, 2)	100.0000	0.000000
PDEPS (1, 5, 1, 3)	100.0000	0.000000
PDEPS (1, 5, 1, 4)	100.0000	0.000000
XAPPS (1, 1, 1, 1, 1)	0.000000	12478.92
XAPPS (1, 1, 1, 2, 1)	0.000000	59198.91
XAPPS (1, 1, 1, 3, 1)	0.000000	129278.9
XAPPS (1, 2, 1, 1, 1)	0.000000	-74572.86
XAPPS (1, 2, 1, 2, 1)	0.000000	-70732.86
XAPPS (1, 2, 1, 3, 1)	3.000000	-64972.86
XAPPS (1, 3, 1, 1, 1)	0.000000	24201.25
XAPPS (1, 3, 1, 2, 1)	0.000000	90601.25
XAPPS (1, 3, 1, 3, 1)	0.000000	190201.2
XAPPS (1, 4, 1, 1, 1)	0.000000	-85169.69
XAPPS (1, 4, 1, 2, 1)	0.000000	-77009.69
XAPPS (1, 4, 1, 3, 1)	0.000000	-64769.69
XAPPS (1, 5, 1, 1, 1)	0.000000	-75498.51
XAPPS (1, 5, 1, 2, 1)	0.000000	-51658.51
XAPPS (1, 5, 1, 3, 1)	0.000000	-15898.51
PAPPS (1, 1, 1, 1)	100.0000	0.000000
PAPPS (1, 2, 1, 1)	100.0000	0.000000
PAPPS (1, 3, 1, 1)	100.0000	0.000000
PAPPS (1, 4, 1, 1)	100.0000	0.000000
PAPPS (1, 5, 1, 1)	100.0000	0.000000
XDR (1, 1, 1, 1)	0.000000	3000.000
XDR (1, 1, 1, 2)	0.000000	3000.000
XDR (1, 1, 1, 3)	0.000000	3000.000
XDR (1, 1, 2, 1)	0.000000	3000.000
XDR (1, 1, 2, 2)	0.000000	3000.000
XDR (1, 1, 2, 3)	0.000000	3000.000
XDR (1, 1, 3, 1)	30.00000	3000.000
XDR (1, 1, 3, 2)	0.000000	3000.000
XDR (1, 1, 3, 3)	0.000000	3000.000
XDRS (1, 1, 1, 1)	0.000000	2500.000
XDRS (1, 1, 1, 2)	0.000000	2500.000
XDRS (1, 1, 1, 3)	0.000000	2500.000
XDRS (1, 1, 2, 1)	0.000000	2500.000
XDRS (1, 1, 2, 2)	0.000000	2500.000
XDRS (1, 1, 2, 3)	0.000000	2500.000
XDRS (1, 1, 3, 1)	0.000000	2500.000
XDRS (1, 1, 3, 2)	0.000000	2500.000
XDRS (1, 1, 3, 3)	6.000000	2500.000
XDRP (1, 1, 1, 1)	0.000000	3500.000
XDRP (1, 1, 1, 2)	0.000000	3500.000
XDRP (1, 1, 1, 3)	0.000000	3500.000
XDRP (1, 1, 2, 1)	0.000000	3500.000
XDRP (1, 1, 2, 2)	0.000000	3500.000
XDRP (1, 1, 2, 3)	0.000000	3500.000
XDRP (1, 1, 3, 1)	0.000000	3500.000
XDRP (1, 1, 3, 2)	0.000000	3500.000
XDRP (1, 1, 3, 3)	94.00000	3500.000
XDRP (1, 2, 1, 1)	0.000000	3500.000
XDRP (1, 2, 1, 2)	0.000000	3500.000
XDRP (1, 2, 1, 3)	0.000000	3500.000
XDRP (1, 2, 2, 1)	0.000000	3500.000
XDRP (1, 2, 2, 2)	0.000000	3500.000
XDRP (1, 2, 2, 3)	0.000000	3500.000
XDRP (1, 2, 3, 1)	0.000000	3500.000
XDRP (1, 2, 3, 2)	0.000000	3500.000

XDRP (1, 2, 3, 3)	105.0000	3500.000
XDRP (1, 3, 1, 1)	0.000000	0.000000
XDRP (1, 3, 1, 2)	0.000000	0.000000
XDRP (1, 3, 1, 3)	0.000000	0.000000
XDRP (1, 3, 2, 1)	0.000000	0.000000
XDRP (1, 3, 2, 2)	0.000000	0.000000
XDRP (1, 3, 2, 3)	0.000000	0.000000
XDRP (1, 3, 3, 1)	0.000000	0.000000
XDRP (1, 3, 3, 2)	0.000000	0.000000
XDRP (1, 3, 3, 3)	0.000000	0.000000
XDRP (1, 4, 1, 1)	0.000000	0.000000
XDRP (1, 4, 1, 2)	0.000000	0.000000
XDRP (1, 4, 1, 3)	0.000000	0.000000
XDRP (1, 4, 2, 1)	0.000000	0.000000
XDRP (1, 4, 2, 2)	0.000000	0.000000
XDRP (1, 4, 2, 3)	0.000000	0.000000
XDRP (1, 4, 3, 1)	0.000000	0.000000
XDRP (1, 4, 3, 2)	0.000000	0.000000
XDRP (1, 4, 3, 3)	0.000000	0.000000
XDRP (1, 5, 1, 1)	0.000000	0.000000
XDRP (1, 5, 1, 2)	0.000000	0.000000
XDRP (1, 5, 1, 3)	0.000000	0.000000
XDRP (1, 5, 2, 1)	0.000000	0.000000
XDRP (1, 5, 2, 2)	0.000000	0.000000
XDRP (1, 5, 2, 3)	0.000000	0.000000
XDRP (1, 5, 3, 1)	0.000000	0.000000
XDRP (1, 5, 3, 2)	0.000000	0.000000
XDRP (1, 5, 3, 3)	0.000000	0.000000
XDRPS (1, 1, 1, 1, 1)	0.000000	500.0000
XDRPS (1, 1, 1, 1, 2)	0.000000	500.0000
XDRPS (1, 1, 1, 1, 3)	0.000000	500.0000
XDRPS (1, 1, 1, 2, 1)	0.000000	500.0000
XDRPS (1, 1, 1, 2, 2)	0.000000	500.0000
XDRPS (1, 1, 1, 2, 3)	0.000000	500.0000
XDRPS (1, 1, 1, 3, 1)	0.000000	500.0000
XDRPS (1, 1, 1, 3, 2)	0.000000	500.0000
XDRPS (1, 1, 1, 3, 3)	0.000000	500.0000
XDRPS (1, 2, 1, 1, 1)	0.000000	500.0000
XDRPS (1, 2, 1, 1, 2)	0.000000	500.0000
XDRPS (1, 2, 1, 1, 3)	0.000000	500.0000
XDRPS (1, 2, 1, 2, 1)	0.000000	500.0000
XDRPS (1, 2, 1, 2, 2)	0.000000	500.0000
XDRPS (1, 2, 1, 2, 3)	0.000000	500.0000
XDRPS (1, 2, 1, 3, 1)	0.000000	500.0000
XDRPS (1, 2, 1, 3, 2)	0.000000	500.0000
XDRPS (1, 2, 1, 3, 3)	14.00000	500.0000
XDRPS (1, 3, 1, 1, 1)	0.000000	500.0000
XDRPS (1, 3, 1, 1, 2)	0.000000	500.0000
XDRPS (1, 3, 1, 1, 3)	0.000000	500.0000
XDRPS (1, 3, 1, 2, 1)	0.000000	500.0000
XDRPS (1, 3, 1, 2, 2)	0.000000	500.0000
XDRPS (1, 3, 1, 2, 3)	0.000000	500.0000
XDRPS (1, 3, 1, 3, 1)	0.000000	500.0000
XDRPS (1, 3, 1, 3, 2)	0.000000	500.0000
XDRPS (1, 3, 1, 3, 3)	5.000000	500.0000
XDRPS (1, 4, 1, 1, 1)	0.000000	500.0000
XDRPS (1, 4, 1, 1, 2)	0.000000	500.0000
XDRPS (1, 4, 1, 1, 3)	0.000000	500.0000
XDRPS (1, 4, 1, 2, 1)	0.000000	500.0000
XDRPS (1, 4, 1, 2, 2)	0.000000	500.0000
XDRPS (1, 4, 1, 2, 3)	0.000000	500.0000
XDRPS (1, 4, 1, 3, 1)	0.000000	500.0000
XDRPS (1, 4, 1, 3, 2)	0.000000	500.0000
XDRPS (1, 4, 1, 3, 3)	13.00000	500.0000

XDRPS (1, 5, 1, 1, 1)	0.000000	500.0000
XDRPS (1, 5, 1, 1, 2)	0.000000	500.0000
XDRPS (1, 5, 1, 1, 3)	0.000000	500.0000
XDRPS (1, 5, 1, 2, 1)	0.000000	500.0000
XDRPS (1, 5, 1, 2, 2)	0.000000	500.0000
XDRPS (1, 5, 1, 2, 3)	0.000000	500.0000
XDRPS (1, 5, 1, 3, 1)	0.000000	500.0000
XDRPS (1, 5, 1, 3, 2)	0.000000	500.0000
XDRPS (1, 5, 1, 3, 3)	14.00000	500.0000
XQ(1, 1, 1)	0.000000	5304566.
XQ(1, 1, 2)	0.000000	1142510.
XQ(1, 1, 3)	0.000000	6766910.
XQ(1, 1, 4)	0.000000	0.1171638E+08
XQ(1, 2, 1)	0.000000	9447874.
XQ(1, 2, 2)	0.000000	4779622.
XQ(1, 2, 3)	0.000000	2436122.
XQ(1, 2, 4)	0.000000	6523186.
XQ(1, 3, 1)	0.000000	0.1402239E+08
XQ(1, 3, 2)	0.000000	9522866.
XQ(1, 3, 3)	0.000000	3898466.
XQ(1, 3, 4)	150.0000	898786.5
AA(1, 1)	1.000000	0.000000
ALPHA(1, 1)	0.2000000	0.000000
GAMMAS(1, 1)	0.7000000	0.000000
WS(1, 1)	8448.100	0.000000
BRS(1, 1)	53760.30	0.000000
BR(1, 1)	107520.6	0.000000
BIS(1, 1)	2500.000	0.000000
BIRS(1, 1)	3000.000	0.000000
BPDS(1, 1)	24436.50	0.000000
ERS(1, 1)	29.56835	0.000000
EPS(1, 1)	9.292910	0.000000
EF(1, 1)	21.12025	0.000000
BTS(1, 1)	931.0000	0.000000
HDS(1, 1)	439857.0	0.000000
HAS(1, 1)	382675.6	0.000000
HRS(1, 1)	109.9643	0.000000
TR(1, 1)	30.00000	0.000000
TRS(1, 1)	15.00000	0.000000
XD(1, 1, 1, 1)	0.000000	-937407.5
XD(1, 1, 2, 1)	0.000000	-937407.5
XD(1, 1, 3, 1)	94.00000	-937407.5
XS(1, 1, 1)	0.000000	48873.00
XS(1, 1, 2)	0.000000	48873.00
XS(1, 1, 3)	20.00000	48873.00
B(1, 1)	1.000000	0.000000
B(1, 2)	1.000000	0.000000
B(1, 3)	0.000000	0.000000
B(1, 4)	0.000000	0.000000
B(1, 5)	0.000000	0.000000
GAMMAP(1, 1)	0.7000000	0.000000
GAMMAP(1, 2)	0.7000000	0.000000
GAMMAP(1, 3)	0.000000	0.000000
GAMMAP(1, 4)	0.000000	0.000000
GAMMAP(1, 5)	0.000000	0.000000
WP(1, 1)	9600.000	0.000000
WP(1, 2)	700.0000	0.000000
WP(1, 3)	0.000000	0.000000
WP(1, 4)	0.000000	0.000000
WP(1, 5)	0.000000	0.000000
BRP(1, 1)	8500.000	0.000000
BRP(1, 2)	12190.00	0.000000
BRP(1, 3)	0.000000	0.000000
BRP(1, 4)	0.000000	0.000000

BRP(1, 5)	0.000000	0.000000
BLP(1, 1)	17000.00	0.000000
BLP(1, 2)	24380.00	0.000000
BLP(1, 3)	0.000000	0.000000
BLP(1, 4)	0.000000	0.000000
BLP(1, 5)	0.000000	0.000000
BIP(1, 1)	3500.000	0.000000
BIP(1, 2)	3500.000	0.000000
BIP(1, 3)	0.000000	0.000000
BIP(1, 4)	0.000000	0.000000
BIP(1, 5)	0.000000	0.000000
BPDP(1, 1)	8500.000	0.000000
BPDP(1, 2)	12190.00	0.000000
BPDP(1, 3)	0.000000	0.000000
BPDP(1, 4)	0.000000	0.000000
BPDP(1, 5)	0.000000	0.000000
ERP(1, 1)	33.60000	0.000000
ERP(1, 2)	2.450000	0.000000
ERP(1, 3)	0.000000	0.000000
ERP(1, 4)	0.000000	0.000000
ERP(1, 5)	0.000000	0.000000
EPP(1, 1)	9.600000	0.000000
EPP(1, 2)	0.7000000	0.000000
EPP(1, 3)	0.000000	0.000000
EPP(1, 4)	0.000000	0.000000
EPP(1, 5)	0.000000	0.000000
ELP(1, 1)	76.80000	0.000000
ELP(1, 2)	5.600000	0.000000
ELP(1, 3)	0.000000	0.000000
ELP(1, 4)	0.000000	0.000000
ELP(1, 5)	0.000000	0.000000
BTP(1, 1)	960.0000	0.000000
BTP(1, 2)	70.00000	0.000000
BTP(1, 3)	0.000000	0.000000
BTP(1, 4)	0.000000	0.000000
BTP(1, 5)	0.000000	0.000000
HDP(1, 1)	680000.0	0.000000
HDP(1, 2)	975200.0	0.000000
HDP(1, 3)	0.000000	0.000000
HDP(1, 4)	0.000000	0.000000
HDP(1, 5)	0.000000	0.000000
HAP(1, 1)	467500.0	0.000000
HAP(1, 2)	670450.0	0.000000
HAP(1, 3)	0.000000	0.000000
HAP(1, 4)	0.000000	0.000000
HAP(1, 5)	0.000000	0.000000
HRP(1, 1)	21.25000	0.000000
HRP(1, 2)	30.47500	0.000000
HRP(1, 3)	0.000000	0.000000
HRP(1, 4)	0.000000	0.000000
HRP(1, 5)	0.000000	0.000000
TRP(1, 1)	2.000000	0.000000
TRP(1, 2)	2.000000	0.000000
TRP(1, 3)	0.000000	0.000000
TRP(1, 4)	0.000000	0.000000
TRP(1, 5)	0.000000	0.000000
XDLP(1, 1, 1, 1)	0.000000	17076.80
XDLP(1, 1, 2, 1)	0.000000	17076.80
XDLP(1, 1, 3, 1)	56.00000	17076.80
XDLP(1, 2, 1, 1)	0.000000	24385.60
XDLP(1, 2, 2, 1)	0.000000	24385.60
XDLP(1, 2, 3, 1)	45.00000	24385.60
XDLP(1, 3, 1, 1)	0.000000	0.000000
XDLP(1, 3, 2, 1)	0.000000	0.000000

XDLP (1, 3, 3, 1)	0.000000	0.000000
XDLP (1, 4, 1, 1)	0.000000	0.000000
XDLP (1, 4, 2, 1)	0.000000	0.000000
XDLP (1, 4, 3, 1)	0.000000	0.000000
XDLP (1, 5, 1, 1)	0.000000	0.000000
XDLP (1, 5, 2, 1)	0.000000	0.000000
XDLP (1, 5, 3, 1)	0.000000	0.000000
XDCP (1, 1, 1, 1)	0.000000	-213566.4
XDCP (1, 1, 2, 1)	0.000000	-213566.4
XDCP (1, 1, 3, 1)	0.000000	-213566.4
XDCP (1, 2, 1, 1)	0.000000	-22030.05
XDCP (1, 2, 2, 1)	0.000000	-22030.05
XDCP (1, 2, 3, 1)	0.000000	-22030.05
XDCP (1, 3, 1, 1)	0.000000	0.000000
XDCP (1, 3, 2, 1)	0.000000	0.000000
XDCP (1, 3, 3, 1)	0.000000	0.000000
XDCP (1, 4, 1, 1)	0.000000	0.000000
XDCP (1, 4, 2, 1)	0.000000	0.000000
XDCP (1, 4, 3, 1)	0.000000	0.000000
XDCP (1, 5, 1, 1)	0.000000	0.000000
XDCP (1, 5, 2, 1)	0.000000	0.000000
XDCP (1, 5, 3, 1)	0.000000	0.000000
F (1, 1, 1)	1.000000	0.000000
F (1, 2, 1)	1.000000	0.000000
F (1, 3, 1)	1.000000	0.000000
F (1, 4, 1)	1.000000	0.000000
F (1, 5, 1)	1.000000	0.000000
GAMMAPS (1, 1, 1)	0.7000000	0.000000
GAMMAPS (1, 2, 1)	0.7000000	0.000000
GAMMAPS (1, 3, 1)	0.7000000	0.000000
GAMMAPS (1, 4, 1)	0.7000000	0.000000
GAMMAPS (1, 5, 1)	0.7000000	0.000000
WPS (1, 1, 1)	2650.000	0.000000
WPS (1, 2, 1)	217.1000	0.000000
WPS (1, 3, 1)	3771.000	0.000000
WPS (1, 4, 1)	460.0000	0.000000
WPS (1, 5, 1)	1350.000	0.000000
BRPS (1, 1, 1)	5620.000	0.000000
BRPS (1, 2, 1)	10280.00	0.000000
BRPS (1, 3, 1)	7147.000	0.000000
BRPS (1, 4, 1)	12326.00	0.000000
BRPS (1, 5, 1)	13500.00	0.000000
BLPS (1, 1, 1)	11240.00	0.000000
BLPS (1, 2, 1)	20560.00	0.000000
BLPS (1, 3, 1)	14294.00	0.000000
BLPS (1, 4, 1)	24652.00	0.000000
BLPS (1, 5, 1)	27000.00	0.000000
BIPS (1, 1, 1)	500.0000	0.000000
BIPS (1, 2, 1)	500.0000	0.000000
BIPS (1, 3, 1)	500.0000	0.000000
BIPS (1, 4, 1)	500.0000	0.000000
BIPS (1, 5, 1)	500.0000	0.000000
BPDPS (1, 1, 1)	5620.000	0.000000
BPDPS (1, 2, 1)	10280.00	0.000000
BPDPS (1, 3, 1)	7147.000	0.000000
BPDPS (1, 4, 1)	12326.00	0.000000
BPDPS (1, 5, 1)	13500.00	0.000000
ERPS (1, 1, 1)	9.275000	0.000000
ERPS (1, 2, 1)	0.7598500	0.000000
ERPS (1, 3, 1)	13.19850	0.000000
ERPS (1, 4, 1)	1.610000	0.000000
ERPS (1, 5, 1)	4.725000	0.000000
EPPS (1, 1, 1)	2.915000	0.000000
EPPS (1, 2, 1)	0.2388100	0.000000

EPPS(1, 3, 1)	4.148100	0.000000
EPPS(1, 4, 1)	0.5060000	0.000000
EPPS(1, 5, 1)	1.485000	0.000000
ELPS(1, 1, 1)	21.20000	0.000000
ELPS(1, 2, 1)	1.736800	0.000000
ELPS(1, 3, 1)	30.16800	0.000000
ELPS(1, 4, 1)	3.680000	0.000000
ELPS(1, 5, 1)	10.80000	0.000000
BTPS(1, 1, 1)	292.0000	0.000000
BTPS(1, 2, 1)	24.00000	0.000000
BTPS(1, 3, 1)	415.0000	0.000000
BTPS(1, 4, 1)	51.00000	0.000000
BTPS(1, 5, 1)	149.0000	0.000000
HDPS(1, 1, 1)	56200.00	0.000000
HDPS(1, 2, 1)	102800.0	0.000000
HDPS(1, 3, 1)	71470.00	0.000000
HDPS(1, 4, 1)	123260.0	0.000000
HDPS(1, 5, 1)	135000.0	0.000000
HAPS(1, 1, 1)	48894.00	0.000000
HAPS(1, 2, 1)	89436.00	0.000000
HAPS(1, 3, 1)	62178.90	0.000000
HAPS(1, 4, 1)	107236.2	0.000000
HAPS(1, 5, 1)	117450.0	0.000000
HRPS(1, 1, 1)	14.05000	0.000000
HRPS(1, 2, 1)	25.70000	0.000000
HRPS(1, 3, 1)	17.86750	0.000000
HRPS(1, 4, 1)	30.81500	0.000000
HRPS(1, 5, 1)	33.75000	0.000000
TRPS(1, 1, 1)	3.000000	0.000000
TRPS(1, 2, 1)	3.000000	0.000000
TRPS(1, 3, 1)	3.000000	0.000000
TRPS(1, 4, 1)	3.000000	0.000000
TRPS(1, 5, 1)	3.000000	0.000000
XDLPS(1, 1, 1, 1, 1)	0.000000	11261.20
XDLPS(1, 1, 1, 2, 1)	0.000000	11261.20
XDLPS(1, 1, 1, 3, 1)	20.00000	11261.20
XDLPS(1, 2, 1, 1, 1)	0.000000	20561.74
XDLPS(1, 2, 1, 2, 1)	0.000000	20561.74
XDLPS(1, 2, 1, 3, 1)	0.000000	20561.74
XDLPS(1, 3, 1, 1, 1)	0.000000	14324.17
XDLPS(1, 3, 1, 2, 1)	0.000000	14324.17
XDLPS(1, 3, 1, 3, 1)	15.00000	14324.17
XDLPS(1, 4, 1, 1, 1)	0.000000	24655.68
XDLPS(1, 4, 1, 2, 1)	0.000000	24655.68
XDLPS(1, 4, 1, 3, 1)	0.000000	24655.68
XDLPS(1, 5, 1, 1, 1)	0.000000	27010.80
XDLPS(1, 5, 1, 2, 1)	0.000000	27010.80
XDLPS(1, 5, 1, 3, 1)	5.000000	27010.80
XDCPS(1, 1, 1, 1, 1)	0.000000	-39873.22
XDCPS(1, 1, 1, 2, 1)	0.000000	-39873.22
XDCPS(1, 1, 1, 3, 1)	0.000000	-39873.22
XDCPS(1, 2, 1, 1, 1)	0.000000	-5795.810
XDCPS(1, 2, 1, 2, 1)	0.000000	-5795.810
XDCPS(1, 2, 1, 3, 1)	6.000000	-5795.810
XDCPS(1, 3, 1, 1, 1)	0.000000	-71136.14
XDCPS(1, 3, 1, 2, 1)	0.000000	-71136.14
XDCPS(1, 3, 1, 3, 1)	0.000000	-71136.14
XDCPS(1, 4, 1, 1, 1)	0.000000	-14633.29
XDCPS(1, 4, 1, 2, 1)	0.000000	-14633.29
XDCPS(1, 4, 1, 3, 1)	7.000000	-14633.29
XDCPS(1, 5, 1, 1, 1)	0.000000	-46907.78
XDCPS(1, 5, 1, 2, 1)	0.000000	-46907.78
XDCPS(1, 5, 1, 3, 1)	1.000000	-46907.78
X(1, 1)	0.000000	500000.0

X(1, 2)	0.000000	500000.0
X(1, 3)	0.000000	500000.0
X(1, 4)	150.0000	500000.0
KM(1, 1)	280.0000	0.000000
KM(1, 2)	501.0000	0.000000
KM(1, 3)	745.0000	0.000000
KM(2, 1)	58.00000	0.000000
KM(2, 2)	252.0000	0.000000
KM(2, 3)	505.0000	0.000000
KM(3, 1)	358.0000	0.000000
KM(3, 2)	127.0000	0.000000
KM(3, 3)	205.0000	0.000000
KM(4, 1)	622.0000	0.000000
KM(4, 2)	345.0000	0.000000
KM(4, 3)	45.00000	0.000000
KMRD(1, 1)	280.0000	0.000000
KMRD(1, 2)	58.00000	0.000000
KMRD(1, 3)	215.0000	0.000000
KMRD(1, 4)	622.0000	0.000000
KMRD(2, 1)	501.0000	0.000000
KMRD(2, 2)	252.0000	0.000000
KMRD(2, 3)	117.0000	0.000000
KMRD(2, 4)	345.0000	0.000000
KMRD(3, 1)	745.0000	0.000000
KMRD(3, 2)	505.0000	0.000000
KMRD(3, 3)	410.0000	0.000000
KMRD(3, 4)	45.00000	0.000000
KMD(1, 1)	280.0000	0.000000
KMD(1, 2)	58.00000	0.000000
KMD(1, 3)	215.0000	0.000000
KMD(1, 4)	622.0000	0.000000
KMD(2, 1)	501.0000	0.000000
KMD(2, 2)	252.0000	0.000000
KMD(2, 3)	117.0000	0.000000
KMD(2, 4)	345.0000	0.000000
KMD(3, 1)	745.0000	0.000000
KMD(3, 2)	505.0000	0.000000
KMD(3, 3)	410.0000	0.000000
KMD(3, 4)	45.00000	0.000000
KMRA(1, 1)	200.0000	0.000000
KMRA(2, 1)	360.0000	0.000000
KMRA(3, 1)	600.0000	0.000000
KMA(1, 1)	200.0000	0.000000
KMA(2, 1)	360.0000	0.000000
KMA(3, 1)	600.0000	0.000000

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	173200.0	-1.000000
2	0.000000	-1.000000
3	0.000000	-1.000000
4	0.000000	1.000000
5	0.000000	-1.000000
6	-0.2980232E-07	1.000000
7	-0.2980232E-07	1.000000
8	0.000000	1.000000
9	0.000000	1.000000
10	-0.1117587E-07	-1.000000
11	0.000000	-1.000000
12	0.000000	-1.000000
13	0.000000	-1.000000
14	0.000000	-1.000000
15	0.000000	-1.000000
16	0.000000	-1.000000
17	0.000000	-1.000000

18	0.000000	-1.000000
19	0.000000	-1.000000
20	0.000000	1.000000
21	0.000000	1.000000
22	150.0000	0.000000
23	120.0000	0.000000
24	150.0000	0.000000
25	144.0000	0.000000
26	50.00000	0.000000
27	150.0000	0.000000
28	150.0000	0.000000
29	150.0000	0.000000
30	56.00000	0.000000
31	150.0000	0.000000
32	150.0000	0.000000
33	147.0000	0.000000
34	48.00000	0.000000
35	0.000000	0.000000
36	0.000000	0.000000
37	0.000000	0.000000
38	0.000000	0.000000
39	0.000000	0.000000
40	0.000000	0.000000
41	0.000000	0.000000
42	0.000000	0.000000
43	0.000000	0.000000
44	0.000000	0.000000
45	0.000000	0.000000
46	0.000000	0.000000
47	100.0000	0.000000
48	100.0000	0.000000
49	0.000000	0.000000
50	0.000000	0.000000
51	0.000000	0.000000
52	100.0000	0.000000
53	100.0000	0.000000
54	100.0000	0.000000
55	100.0000	0.000000
56	100.0000	0.000000
57	100.0000	0.000000
58	98.00000	0.000000
59	91.00000	0.000000
60	100.0000	0.000000
61	100.0000	0.000000
62	100.0000	0.000000
63	95.00000	0.000000
64	100.0000	0.000000
65	100.0000	0.000000
66	96.00000	0.000000
67	91.00000	0.000000
68	100.0000	0.000000
69	100.0000	0.000000
70	100.0000	0.000000
71	86.00000	0.000000
72	100.0000	0.000000
73	97.00000	0.000000
74	100.0000	0.000000
75	100.0000	0.000000
76	100.0000	0.000000
77	0.000000	0.000000
78	0.000000	0.000000
79	0.000000	0.000000
80	0.000000	0.000000
81	0.000000	0.000000

82	0.000000	0.000000
83	0.000000	0.000000
84	0.000000	0.000000
85	0.000000	0.000000
86	0.000000	0.000000
87	0.000000	0.000000
88	0.000000	0.000000
89	0.000000	0.000000
90	0.000000	0.000000
91	0.000000	0.000000
92	0.000000	0.000000
93	0.000000	0.000000
94	0.000000	0.000000
95	0.000000	0.000000
96	0.000000	0.000000
97	0.000000	0.000000
98	0.000000	0.000000
99	0.000000	0.000000
100	0.000000	0.000000
101	0.000000	0.000000
102	0.000000	0.000000
103	0.000000	0.000000
104	0.000000	0.000000
105	0.000000	0.000000
106	0.000000	0.000000
107	0.000000	0.000000
108	0.000000	0.000000
109	0.000000	0.000000
110	0.000000	0.000000
111	0.000000	0.000000
112	0.000000	0.000000
113	0.000000	0.000000
114	0.000000	0.000000
115	0.000000	0.000000
116	0.000000	0.000000
117	0.000000	0.000000
118	0.000000	0.000000
119	0.000000	0.000000
120	0.000000	0.000000
121	0.000000	0.000000
122	0.000000	0.000000
123	0.000000	0.000000
124	0.000000	0.000000
125	0.000000	0.000000
126	0.000000	0.000000
127	0.000000	0.000000
128	0.000000	0.000000
129	0.000000	0.000000
130	0.000000	0.000000
131	0.000000	0.000000
132	0.000000	0.000000
133	0.000000	0.000000
134	0.000000	0.000000
135	0.000000	0.000000
136	0.000000	0.000000
137	0.000000	0.000000
138	0.000000	0.000000
139	0.000000	0.000000
140	0.000000	0.000000
141	0.000000	0.000000
142	0.000000	0.000000
143	0.000000	0.000000
144	0.000000	0.000000
145	0.000000	0.000000

146	0.000000	0.000000
147	0.000000	0.000000
148	0.000000	0.000000
149	0.000000	0.000000
150	0.000000	0.000000
151	0.000000	0.000000
152	149.0000	0.000000
153	29.000000	0.000000
154	0.000000	0.000000
155	0.000000	0.000000
156	0.000000	0.000000
157	0.000000	0.000000
158	250.0000	0.000000
159	0.000000	0.000000
160	0.000000	0.000000
161	1100.000	0.000000
162	900.0000	0.000000
163	0.000000	0.000000
164	0.000000	0.000000
165	0.000000	0.000000
166	0.000000	0.000000
167	2974.000	0.000000
168	150.0000	0.000000
169	150.0000	0.000000
170	150.0000	0.000000
171	0.000000	0.000000
172	0.000000	0.000000
173	0.000000	0.000000
174	0.000000	0.000000
175	0.000000	0.000000
176	0.000000	0.000000
177	99.00000	0.000000
178	0.000000	0.000000
179	0.000000	0.000000
180	11.00000	0.000000
181	0.000000	0.000000
182	0.000000	0.000000
183	0.000000	0.000000
184	0.000000	0.000000
185	0.000000	0.000000
186	0.000000	0.000000
187	0.000000	0.000000
188	0.000000	0.000000
189	0.000000	0.000000
190	0.000000	0.000000
191	0.000000	0.000000
192	0.000000	0.000000
193	0.000000	0.000000
194	0.000000	0.000000
195	14.00000	0.000000
196	0.000000	0.000000
197	0.000000	0.000000
198	0.000000	0.000000
199	0.000000	0.000000
200	0.000000	0.000000
201	9.000000	0.000000
202	0.000000	0.000000
203	0.000000	0.000000
204	1.000000	0.000000
205	0.000000	0.000000
206	0.000000	0.000000
207	0.000000	0.000000
208	0.000000	0.000000
209	0.000000	0.000000

210	43666.00	0.000000
211	2.000000	0.000000
212	2.000000	0.000000
213	2.000000	0.000000
214	0.000000	0.000000
215	0.000000	0.000000
216	0.000000	0.000000
217	0.000000	0.000000

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

Lampiran 1.c. Hasil Aplikasi Model untuk Analisis Sensitivitas Skenario 1

(Sub – Bab 5.3.3)

Global optimal solution found.
 Objective value: 0.3023473E+08
 Objective bound: 0.3023473E+08
 Infeasibilities: 0.2980232E-07
 Extended solver steps: 0
 Total solver iterations: 865

Variable	Value	Reduced Cost
TETA	0.5000000	0.000000
PD	500000.0	0.000000
PRL	0.3000000E+08	0.000000
AE	10000.00	0.000000
AR	800000.0	0.000000
AP	1500000.	0.000000
D1	0.2997981E+08	0.000000
D2	238.9552	0.000000
D3	254406.4	0.000000
D4	278.6000	0.000000
BERAT_SPAREPART_DIDAURULANG	799721.4	0.000000
BERAT_SPAREPART_DIPULIHKAN	1245594.	0.000000
EMISI_CO2	10238.96	0.000000
PENDAPATAN_BERSIH	20192.06	0.000000
TOTAL_PENDAPATAN	0.2362676E+09	0.000000
TOTAL_BIAYA	0.2362474E+09	0.000000
PENDAPATAN_JUAL_SPAREPART	0.1487720E+09	0.000000
PENDAPATAN_DARI_RECYCLER	0.8749562E+08	0.000000
PENDANAAN	0.7500000E+08	0.000000
TRANSPORTASI	0.1324384E+09	0.000000
INSPEKSI	2165500.	0.000000
DISASSEMBLY	6768975.	0.000000
REPAIR	4508566.	0.000000
REFURBISH	107520.6	0.000000
DISPOSAL_LIMBAH	2908460.	0.000000
BIAYA_TETAP	0.1235000E+08	0.000000
MDA	3.000000	0.000000
MRF	3.000000	0.000000
MRP	3.000000	0.000000
KPK(1)	150.0000	0.000000
KPK(2)	150.0000	0.000000
KPK(3)	150.0000	0.000000
KPK(4)	150.0000	0.000000
YDA(1)	0.000000	3200000.
YDA(2)	0.000000	3200000.
YDA(3)	1.000000	4000000.
KDA(1)	2600.000	0.000000
KDA(2)	2200.000	0.000000
KDA(3)	2600.000	0.000000
FDA(1)	3200000.	0.000000
FDA(2)	3200000.	0.000000
FDA(3)	4000000.	0.000000
YRP(1)	0.000000	6000000.
YRP(2)	0.000000	5680000.
YRP(3)	1.000000	6800000.
KRP(1)	3100.000	0.000000
KRP(2)	2800.000	0.000000
KRP(3)	3600.000	0.000000
FRP(1)	6000000.	0.000000

FRP(2)	5680000.	0.000000
FRP(3)	6800000.	0.000000
YRF(1)	0.000000	1750000.
YRF(2)	1.000000	1550000.
YRF(3)	0.000000	1875000.
KRF(1)	1800.000	0.000000
KRF(2)	1800.000	0.000000
KRF(3)	1800.000	0.000000
FRF(1)	1750000.	0.000000
FRF(2)	1550000.	0.000000
FRF(3)	1875000.	0.000000
MEOL(1)	150.0000	0.000000
W(1)	18748.00	0.000000
BI(1)	10000.00	0.000000
BTR(1)	18748.00	0.000000
T(1)	10.00000	0.000000
XRD(1, 1, 1, 1)	0.000000	-80083.38
XRD(1, 1, 1, 2)	0.000000	-286765.4
XRD(1, 1, 1, 3)	0.000000	-140598.4
XRD(1, 1, 1, 4)	0.000000	238318.6
XRD(1, 1, 2, 1)	0.000000	125667.6
XRD(1, 1, 2, 2)	0.000000	-106151.4
XRD(1, 1, 2, 3)	1.000000	-231836.4
XRD(1, 1, 2, 4)	0.000000	-19568.38
XRD(1, 1, 3, 1)	0.000000	352831.6
XRD(1, 1, 3, 2)	0.000000	129391.6
XRD(1, 1, 3, 3)	0.000000	40946.62
XRD(1, 1, 3, 4)	0.000000	-298868.4
XDES(1, 1, 1, 1)	0.000000	-133855.5
XDES(1, 1, 1, 2)	0.000000	-340537.5
XDES(1, 1, 1, 3)	0.000000	-194370.5
XDES(1, 1, 1, 4)	0.000000	184546.5
XDES(1, 1, 2, 1)	0.000000	71895.49
XDES(1, 1, 2, 2)	0.000000	-159923.5
XDES(1, 1, 2, 3)	0.000000	-285608.5
XDES(1, 1, 2, 4)	0.000000	-73340.51
XDES(1, 1, 3, 1)	0.000000	299059.5
XDES(1, 1, 3, 2)	0.000000	75619.49
XDES(1, 1, 3, 3)	0.000000	-12825.51
XDES(1, 1, 3, 4)	55.00000	-352640.5
PDES(1, 1, 1)	150.0000	0.000000
PDES(1, 1, 2)	150.0000	0.000000
PDES(1, 1, 3)	150.0000	0.000000
PDES(1, 1, 4)	150.0000	0.000000
XRA(1, 1, 1, 1)	0.000000	-97381.97
XRA(1, 1, 2, 1)	0.000000	51578.03
XRA(1, 1, 3, 1)	0.000000	275018.0
XAPS(1, 1, 1, 1)	0.000000	-151154.1
XAPS(1, 1, 2, 1)	0.000000	-2194.097
XAPS(1, 1, 3, 1)	0.000000	221245.9
PAPS(1, 1, 1)	50.00000	0.000000
XDEP(1, 1, 1, 1)	0.000000	-412290.4
XDEP(1, 1, 1, 2)	0.000000	-625410.4
XDEP(1, 1, 1, 3)	0.000000	-474690.4
XDEP(1, 1, 1, 4)	0.000000	-83970.40
XDEP(1, 1, 2, 1)	0.000000	-200130.4
XDEP(1, 1, 2, 2)	0.000000	-439170.4
XDEP(1, 1, 2, 3)	0.000000	-568770.4
XDEP(1, 1, 2, 4)	0.000000	-349890.4
XDEP(1, 1, 3, 1)	0.000000	34109.60
XDEP(1, 1, 3, 2)	0.000000	-196290.4
XDEP(1, 1, 3, 3)	0.000000	-287490.4
XDEP(1, 1, 3, 4)	75.00000	-637890.4
XDEP(1, 2, 1, 1)	0.000000	-944109.3

XDEP (1, 2, 1, 2)	0.000000	-959649.3
XDEP (1, 2, 1, 3)	0.000000	-948659.3
XDEP (1, 2, 1, 4)	0.000000	-920169.3
XDEP (1, 2, 2, 1)	0.000000	-928639.3
XDEP (1, 2, 2, 2)	0.000000	-946069.3
XDEP (1, 2, 2, 3)	0.000000	-955519.3
XDEP (1, 2, 2, 4)	0.000000	-939559.3
XDEP (1, 2, 3, 1)	0.000000	-911559.3
XDEP (1, 2, 3, 2)	0.000000	-928359.3
XDEP (1, 2, 3, 3)	0.000000	-935009.3
XDEP (1, 2, 3, 4)	75.000000	-960559.3
XDEP (1, 3, 1, 1)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 3, 1, 2)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 3, 1, 3)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 3, 1, 4)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 3, 2, 1)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 3, 2, 2)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 3, 2, 3)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 3, 2, 4)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 3, 3, 1)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 3, 3, 2)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 3, 3, 3)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 3, 3, 4)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 4, 1, 1)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 4, 1, 2)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 4, 1, 3)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 4, 1, 4)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 4, 2, 1)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 4, 2, 2)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 4, 2, 3)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 4, 2, 4)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 4, 3, 1)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 4, 3, 2)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 4, 3, 3)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 4, 3, 4)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 5, 1, 1)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 5, 1, 2)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 5, 1, 3)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 5, 1, 4)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 5, 2, 1)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 5, 2, 2)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 5, 2, 3)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 5, 2, 4)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 5, 3, 1)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 5, 3, 2)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 5, 3, 3)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 5, 3, 4)	0.000000	0.000000
PDEP (1, 1, 1)	150.0000	0.000000
PDEP (1, 1, 2)	150.0000	0.000000
PDEP (1, 1, 3)	150.0000	0.000000
PDEP (1, 1, 4)	150.0000	0.000000
PDEP (1, 2, 1)	150.0000	0.000000
PDEP (1, 2, 2)	150.0000	0.000000
PDEP (1, 2, 3)	150.0000	0.000000
PDEP (1, 2, 4)	150.0000	0.000000
PDEP (1, 3, 1)	0.000000	0.000000
PDEP (1, 3, 2)	0.000000	0.000000
PDEP (1, 3, 3)	0.000000	0.000000
PDEP (1, 3, 4)	0.000000	0.000000
PDEP (1, 4, 1)	0.000000	0.000000
PDEP (1, 4, 2)	0.000000	0.000000
PDEP (1, 4, 3)	0.000000	0.000000
PDEP (1, 4, 4)	0.000000	0.000000
PDEP (1, 5, 1)	0.000000	0.000000

PDEP(1, 5, 2)	0.000000	0.000000
PDEP(1, 5, 3)	0.000000	0.000000
PDEP(1, 5, 4)	0.000000	0.000000
XAPP(1, 1, 1, 1)	0.000000	-276590.4
XAPP(1, 1, 2, 1)	0.000000	-122990.4
XAPP(1, 1, 3, 1)	0.000000	107409.6
XAPP(1, 2, 1, 1)	0.000000	-644959.3
XAPP(1, 2, 2, 1)	0.000000	-633759.3
XAPP(1, 2, 3, 1)	0.000000	-616959.3
XAPP(1, 3, 1, 1)	0.000000	0.000000
XAPP(1, 3, 2, 1)	0.000000	0.000000
XAPP(1, 3, 3, 1)	0.000000	0.000000
XAPP(1, 4, 1, 1)	0.000000	0.000000
XAPP(1, 4, 2, 1)	0.000000	0.000000
XAPP(1, 4, 3, 1)	0.000000	0.000000
XAPP(1, 5, 1, 1)	0.000000	0.000000
XAPP(1, 5, 2, 1)	0.000000	0.000000
XAPP(1, 5, 3, 1)	0.000000	0.000000
PAPP(1, 1, 1)	100.0000	0.000000
PAPP(1, 2, 1)	100.0000	0.000000
PAPP(1, 3, 1)	0.000000	0.000000
PAPP(1, 4, 1)	0.000000	0.000000
PAPP(1, 5, 1)	0.000000	0.000000
XDEPS(1, 1, 1, 1, 1)	0.000000	28532.92
XDEPS(1, 1, 1, 1, 2)	0.000000	-36291.08
XDEPS(1, 1, 1, 1, 3)	0.000000	9552.915
XDEPS(1, 1, 1, 1, 4)	0.000000	128396.9
XDEPS(1, 1, 1, 2, 1)	0.000000	93064.92
XDEPS(1, 1, 1, 2, 2)	0.000000	20356.91
XDEPS(1, 1, 1, 2, 3)	0.000000	-19063.08
XDEPS(1, 1, 1, 2, 4)	0.000000	47512.91
XDEPS(1, 1, 1, 3, 1)	0.000000	164312.9
XDEPS(1, 1, 1, 3, 2)	0.000000	94232.92
XDEPS(1, 1, 1, 3, 3)	0.000000	66492.91
XDEPS(1, 1, 1, 3, 4)	0.000000	-40087.08
XDEPS(1, 2, 1, 1, 1)	0.000000	-86016.86
XDEPS(1, 2, 1, 1, 2)	0.000000	-91344.86
XDEPS(1, 2, 1, 1, 3)	0.000000	-87576.86
XDEPS(1, 2, 1, 1, 4)	0.000000	-77808.86
XDEPS(1, 2, 1, 2, 1)	0.000000	-80712.86
XDEPS(1, 2, 1, 2, 2)	0.000000	-86688.86
XDEPS(1, 2, 1, 2, 3)	0.000000	-89928.86
XDEPS(1, 2, 1, 2, 4)	0.000000	-84456.86
XDEPS(1, 2, 1, 3, 1)	0.000000	-74856.86
XDEPS(1, 2, 1, 3, 2)	0.000000	-80616.86
XDEPS(1, 2, 1, 3, 3)	0.000000	-82896.86
XDEPS(1, 2, 1, 3, 4)	0.000000	-91656.86
XDEPS(1, 3, 1, 1, 1)	0.000000	48110.15
XDEPS(1, 3, 1, 1, 2)	0.000000	-44019.85
XDEPS(1, 3, 1, 1, 3)	0.000000	21135.15
XDEPS(1, 3, 1, 1, 4)	0.000000	190040.1
XDEPS(1, 3, 1, 2, 1)	0.000000	139825.1
XDEPS(1, 3, 1, 2, 2)	0.000000	36490.15
XDEPS(1, 3, 1, 2, 3)	0.000000	-19534.85
XDEPS(1, 3, 1, 2, 4)	0.000000	75085.15
XDEPS(1, 3, 1, 3, 1)	0.000000	241085.1
XDEPS(1, 3, 1, 3, 2)	0.000000	141485.1
XDEPS(1, 3, 1, 3, 3)	0.000000	102060.1
XDEPS(1, 3, 1, 3, 4)	0.000000	-49414.85
XDEPS(1, 4, 1, 1, 1)	0.000000	-97113.49
XDEPS(1, 4, 1, 1, 2)	0.000000	-108435.5
XDEPS(1, 4, 1, 1, 3)	0.000000	-100428.5
XDEPS(1, 4, 1, 1, 4)	0.000000	-79671.49
XDEPS(1, 4, 1, 2, 1)	0.000000	-85842.49

XDEPS(1, 4, 1, 2, 2)	0.000000	-98541.49
XDEPS(1, 4, 1, 2, 3)	0.000000	-105426.5
XDEPS(1, 4, 1, 2, 4)	0.000000	-93798.49
XDEPS(1, 4, 1, 3, 1)	0.000000	-73398.49
XDEPS(1, 4, 1, 3, 2)	0.000000	-85638.49
XDEPS(1, 4, 1, 3, 3)	0.000000	-90483.49
XDEPS(1, 4, 1, 3, 4)	0.000000	-109098.5
XDEPS(1, 5, 1, 1, 1)	0.000000	-81128.51
XDEPS(1, 5, 1, 1, 2)	0.000000	-114206.5
XDEPS(1, 5, 1, 1, 3)	0.000000	-90813.51
XDEPS(1, 5, 1, 1, 4)	0.000000	-30170.51
XDEPS(1, 5, 1, 2, 1)	0.000000	-48199.51
XDEPS(1, 5, 1, 2, 2)	0.000000	-85300.52
XDEPS(1, 5, 1, 2, 3)	0.000000	-105415.5
XDEPS(1, 5, 1, 2, 4)	0.000000	-71443.51
XDEPS(1, 5, 1, 3, 1)	0.000000	-11843.52
XDEPS(1, 5, 1, 3, 2)	0.000000	-47603.52
XDEPS(1, 5, 1, 3, 3)	0.000000	-61758.52
XDEPS(1, 5, 1, 3, 4)	0.000000	-116143.5
PDEPS(1, 1, 1, 1)	100.0000	0.000000
PDEPS(1, 1, 1, 2)	100.0000	0.000000
PDEPS(1, 1, 1, 3)	100.0000	0.000000
PDEPS(1, 1, 1, 4)	100.0000	0.000000
PDEPS(1, 2, 1, 1)	100.0000	0.000000
PDEPS(1, 2, 1, 2)	100.0000	0.000000
PDEPS(1, 2, 1, 3)	100.0000	0.000000
PDEPS(1, 2, 1, 4)	100.0000	0.000000
PDEPS(1, 3, 1, 1)	100.0000	0.000000
PDEPS(1, 3, 1, 2)	100.0000	0.000000
PDEPS(1, 3, 1, 3)	100.0000	0.000000
PDEPS(1, 3, 1, 4)	100.0000	0.000000
PDEPS(1, 4, 1, 1)	100.0000	0.000000
PDEPS(1, 4, 1, 2)	100.0000	0.000000
PDEPS(1, 4, 1, 3)	100.0000	0.000000
PDEPS(1, 4, 1, 4)	100.0000	0.000000
PDEPS(1, 5, 1, 1)	100.0000	0.000000
PDEPS(1, 5, 1, 2)	100.0000	0.000000
PDEPS(1, 5, 1, 3)	100.0000	0.000000
PDEPS(1, 5, 1, 4)	100.0000	0.000000
XAPPS(1, 1, 1, 1, 1)	0.000000	12478.92
XAPPS(1, 1, 1, 2, 1)	0.000000	59198.91
XAPPS(1, 1, 1, 3, 1)	0.000000	129278.9
XAPPS(1, 2, 1, 1, 1)	0.000000	-74572.86
XAPPS(1, 2, 1, 2, 1)	0.000000	-70732.86
XAPPS(1, 2, 1, 3, 1)	0.000000	-64972.86
XAPPS(1, 3, 1, 1, 1)	0.000000	24201.25
XAPPS(1, 3, 1, 2, 1)	0.000000	90601.25
XAPPS(1, 3, 1, 3, 1)	0.000000	190201.2
XAPPS(1, 4, 1, 1, 1)	0.000000	-85169.69
XAPPS(1, 4, 1, 2, 1)	0.000000	-77009.69
XAPPS(1, 4, 1, 3, 1)	0.000000	-64769.69
XAPPS(1, 5, 1, 1, 1)	0.000000	-75498.51
XAPPS(1, 5, 1, 2, 1)	0.000000	-51658.51
XAPPS(1, 5, 1, 3, 1)	0.000000	-15898.51
PAPPS(1, 1, 1, 1)	100.0000	0.000000
PAPPS(1, 2, 1, 1)	100.0000	0.000000
PAPPS(1, 3, 1, 1)	100.0000	0.000000
PAPPS(1, 4, 1, 1)	100.0000	0.000000
PAPPS(1, 5, 1, 1)	100.0000	0.000000
XDR(1, 1, 1, 1)	0.000000	3000.000
XDR(1, 1, 1, 2)	0.000000	3000.000
XDR(1, 1, 1, 3)	0.000000	3000.000
XDR(1, 1, 2, 1)	0.000000	3000.000
XDR(1, 1, 2, 2)	0.000000	3000.000

XDR (1, 1, 2, 3)	0.000000	3000.000
XDR (1, 1, 3, 1)	0.000000	3000.000
XDR (1, 1, 3, 2)	1.000000	3000.000
XDR (1, 1, 3, 3)	0.000000	3000.000
XDRS (1, 1, 1, 1)	0.000000	2500.000
XDRS (1, 1, 1, 2)	0.000000	2500.000
XDRS (1, 1, 1, 3)	0.000000	2500.000
XDRS (1, 1, 2, 1)	0.000000	2500.000
XDRS (1, 1, 2, 2)	0.000000	2500.000
XDRS (1, 1, 2, 3)	0.000000	2500.000
XDRS (1, 1, 3, 1)	0.000000	2500.000
XDRS (1, 1, 3, 2)	0.000000	2500.000
XDRS (1, 1, 3, 3)	55.000000	2500.000
XDRP (1, 1, 1, 1)	0.000000	3500.000
XDRP (1, 1, 1, 2)	0.000000	3500.000
XDRP (1, 1, 1, 3)	0.000000	3500.000
XDRP (1, 1, 2, 1)	0.000000	3500.000
XDRP (1, 1, 2, 2)	0.000000	3500.000
XDRP (1, 1, 2, 3)	0.000000	3500.000
XDRP (1, 1, 3, 1)	0.000000	3500.000
XDRP (1, 1, 3, 2)	0.000000	3500.000
XDRP (1, 1, 3, 3)	75.000000	3500.000
XDRP (1, 2, 1, 1)	0.000000	3500.000
XDRP (1, 2, 1, 2)	0.000000	3500.000
XDRP (1, 2, 1, 3)	0.000000	3500.000
XDRP (1, 2, 2, 1)	0.000000	3500.000
XDRP (1, 2, 2, 2)	0.000000	3500.000
XDRP (1, 2, 2, 3)	0.000000	3500.000
XDRP (1, 2, 3, 1)	0.000000	3500.000
XDRP (1, 2, 3, 2)	0.000000	3500.000
XDRP (1, 2, 3, 3)	75.000000	3500.000
XDRP (1, 3, 1, 1)	0.000000	0.000000
XDRP (1, 3, 1, 2)	0.000000	0.000000
XDRP (1, 3, 1, 3)	0.000000	0.000000
XDRP (1, 3, 2, 1)	0.000000	0.000000
XDRP (1, 3, 2, 2)	0.000000	0.000000
XDRP (1, 3, 2, 3)	0.000000	0.000000
XDRP (1, 3, 3, 1)	0.000000	0.000000
XDRP (1, 3, 3, 2)	0.000000	0.000000
XDRP (1, 3, 3, 3)	0.000000	0.000000
XDRP (1, 4, 1, 1)	0.000000	0.000000
XDRP (1, 4, 1, 2)	0.000000	0.000000
XDRP (1, 4, 1, 3)	0.000000	0.000000
XDRP (1, 4, 2, 1)	0.000000	0.000000
XDRP (1, 4, 2, 2)	0.000000	0.000000
XDRP (1, 4, 2, 3)	0.000000	0.000000
XDRP (1, 4, 3, 1)	0.000000	0.000000
XDRP (1, 4, 3, 2)	0.000000	0.000000
XDRP (1, 4, 3, 3)	0.000000	0.000000
XDRP (1, 5, 1, 1)	0.000000	0.000000
XDRP (1, 5, 1, 2)	0.000000	0.000000
XDRP (1, 5, 1, 3)	0.000000	0.000000
XDRP (1, 5, 2, 1)	0.000000	0.000000
XDRP (1, 5, 2, 2)	0.000000	0.000000
XDRP (1, 5, 2, 3)	0.000000	0.000000
XDRP (1, 5, 3, 1)	0.000000	0.000000
XDRP (1, 5, 3, 2)	0.000000	0.000000
XDRP (1, 5, 3, 3)	0.000000	0.000000
XDRPS (1, 1, 1, 1, 1)	0.000000	500.0000
XDRPS (1, 1, 1, 1, 2)	0.000000	500.0000
XDRPS (1, 1, 1, 1, 3)	0.000000	500.0000
XDRPS (1, 1, 1, 2, 1)	0.000000	500.0000
XDRPS (1, 1, 1, 2, 2)	0.000000	500.0000
XDRPS (1, 1, 1, 2, 3)	0.000000	500.0000

XDRPS (1, 1, 1, 3, 1)	0.000000	500.0000
XDRPS (1, 1, 1, 3, 2)	0.000000	500.0000
XDRPS (1, 1, 1, 3, 3)	0.000000	500.0000
XDRPS (1, 2, 1, 1, 1)	0.000000	500.0000
XDRPS (1, 2, 1, 1, 2)	0.000000	500.0000
XDRPS (1, 2, 1, 1, 3)	0.000000	500.0000
XDRPS (1, 2, 1, 2, 1)	0.000000	500.0000
XDRPS (1, 2, 1, 2, 2)	0.000000	500.0000
XDRPS (1, 2, 1, 2, 3)	0.000000	500.0000
XDRPS (1, 2, 1, 3, 1)	0.000000	500.0000
XDRPS (1, 2, 1, 3, 2)	0.000000	500.0000
XDRPS (1, 2, 1, 3, 3)	0.000000	500.0000
XDRPS (1, 3, 1, 1, 1)	0.000000	500.0000
XDRPS (1, 3, 1, 1, 2)	0.000000	500.0000
XDRPS (1, 3, 1, 1, 3)	0.000000	500.0000
XDRPS (1, 3, 1, 2, 1)	0.000000	500.0000
XDRPS (1, 3, 1, 2, 2)	0.000000	500.0000
XDRPS (1, 3, 1, 2, 3)	0.000000	500.0000
XDRPS (1, 3, 1, 3, 1)	0.000000	500.0000
XDRPS (1, 3, 1, 3, 2)	0.000000	500.0000
XDRPS (1, 3, 1, 3, 3)	0.000000	500.0000
XDRPS (1, 4, 1, 1, 1)	0.000000	500.0000
XDRPS (1, 4, 1, 1, 2)	0.000000	500.0000
XDRPS (1, 4, 1, 1, 3)	0.000000	500.0000
XDRPS (1, 4, 1, 2, 1)	0.000000	500.0000
XDRPS (1, 4, 1, 2, 2)	0.000000	500.0000
XDRPS (1, 4, 1, 2, 3)	0.000000	500.0000
XDRPS (1, 4, 1, 3, 1)	0.000000	500.0000
XDRPS (1, 4, 1, 3, 2)	0.000000	500.0000
XDRPS (1, 4, 1, 3, 3)	0.000000	500.0000
XDRPS (1, 5, 1, 1, 1)	0.000000	500.0000
XDRPS (1, 5, 1, 1, 2)	0.000000	500.0000
XDRPS (1, 5, 1, 1, 3)	0.000000	500.0000
XDRPS (1, 5, 1, 2, 1)	0.000000	500.0000
XDRPS (1, 5, 1, 2, 2)	0.000000	500.0000
XDRPS (1, 5, 1, 2, 3)	0.000000	500.0000
XDRPS (1, 5, 1, 3, 1)	0.000000	500.0000
XDRPS (1, 5, 1, 3, 2)	0.000000	500.0000
XDRPS (1, 5, 1, 3, 3)	0.000000	500.0000
XQ (1, 1, 1)	0.000000	5304566.
XQ (1, 1, 2)	0.000000	1142510.
XQ (1, 1, 3)	0.000000	6766910.
XQ (1, 1, 4)	0.000000	0.1171638E+08
XQ (1, 2, 1)	0.000000	9447874.
XQ (1, 2, 2)	0.000000	4779622.
XQ (1, 2, 3)	0.000000	2436122.
XQ (1, 2, 4)	0.000000	6523186.
XQ (1, 3, 1)	0.000000	0.1402239E+08
XQ (1, 3, 2)	0.000000	9522866.
XQ (1, 3, 3)	0.000000	3898466.
XQ (1, 3, 4)	150.0000	898786.5
AA (1, 1)	1.000000	0.000000
ALPHA (1, 1)	0.5000000	0.000000
GAMMAS (1, 1)	0.5000000	0.000000
WS (1, 1)	8448.100	0.000000
BRS (1, 1)	53760.30	0.000000
BR (1, 1)	107520.6	0.000000
BIS (1, 1)	2500.000	0.000000
BIRS (1, 1)	3000.000	0.000000
BPDS (1, 1)	24436.50	0.000000
ERS (1, 1)	29.56835	0.000000
EPS (1, 1)	9.292910	0.000000
EF (1, 1)	21.12025	0.000000
BTS (1, 1)	931.0000	0.000000

HDS(1, 1)	439857.0	0.000000
HAS(1, 1)	382675.6	0.000000
HRS(1, 1)	109.9643	0.000000
TR(1, 1)	30.000000	0.000000
TRS(1, 1)	15.000000	0.000000
XDCS(1, 1, 1, 1)	0.000000	-937407.5
XDCS(1, 1, 2, 1)	0.000000	-937407.5
XDCS(1, 1, 3, 1)	94.000000	-937407.5
XS(1, 1, 1)	0.000000	48873.00
XS(1, 1, 2)	0.000000	48873.00
XS(1, 1, 3)	0.000000	48873.00
B(1, 1)	1.000000	0.000000
B(1, 2)	1.000000	0.000000
B(1, 3)	0.000000	0.000000
B(1, 4)	0.000000	0.000000
B(1, 5)	0.000000	0.000000
GAMMAP(1, 1)	0.5000000	0.000000
GAMMAP(1, 2)	0.5000000	0.000000
GAMMAP(1, 3)	0.000000	0.000000
GAMMAP(1, 4)	0.000000	0.000000
GAMMAP(1, 5)	0.000000	0.000000
WP(1, 1)	9600.000	0.000000
WP(1, 2)	700.0000	0.000000
WP(1, 3)	0.000000	0.000000
WP(1, 4)	0.000000	0.000000
WP(1, 5)	0.000000	0.000000
BRP(1, 1)	8500.000	0.000000
BRP(1, 2)	12190.00	0.000000
BRP(1, 3)	0.000000	0.000000
BRP(1, 4)	0.000000	0.000000
BRP(1, 5)	0.000000	0.000000
BLP(1, 1)	17000.00	0.000000
BLP(1, 2)	24380.00	0.000000
BLP(1, 3)	0.000000	0.000000
BLP(1, 4)	0.000000	0.000000
BLP(1, 5)	0.000000	0.000000
BIP(1, 1)	3500.000	0.000000
BIP(1, 2)	3500.000	0.000000
BIP(1, 3)	0.000000	0.000000
BIP(1, 4)	0.000000	0.000000
BIP(1, 5)	0.000000	0.000000
BPDP(1, 1)	8500.000	0.000000
BPDP(1, 2)	12190.00	0.000000
BPDP(1, 3)	0.000000	0.000000
BPDP(1, 4)	0.000000	0.000000
BPDP(1, 5)	0.000000	0.000000
ERP(1, 1)	33.60000	0.000000
ERP(1, 2)	2.450000	0.000000
ERP(1, 3)	0.000000	0.000000
ERP(1, 4)	0.000000	0.000000
ERP(1, 5)	0.000000	0.000000
EPP(1, 1)	9.600000	0.000000
EPP(1, 2)	0.7000000	0.000000
EPP(1, 3)	0.000000	0.000000
EPP(1, 4)	0.000000	0.000000
EPP(1, 5)	0.000000	0.000000
ELP(1, 1)	76.80000	0.000000
ELP(1, 2)	5.600000	0.000000
ELP(1, 3)	0.000000	0.000000
ELP(1, 4)	0.000000	0.000000
ELP(1, 5)	0.000000	0.000000
BTP(1, 1)	960.0000	0.000000
BTP(1, 2)	70.00000	0.000000
BTP(1, 3)	0.000000	0.000000

BTP(1, 4)	0.000000	0.000000
BTP(1, 5)	0.000000	0.000000
HDP(1, 1)	680000.0	0.000000
HDP(1, 2)	975200.0	0.000000
HDP(1, 3)	0.000000	0.000000
HDP(1, 4)	0.000000	0.000000
HDP(1, 5)	0.000000	0.000000
HAP(1, 1)	467500.0	0.000000
HAP(1, 2)	670450.0	0.000000
HAP(1, 3)	0.000000	0.000000
HAP(1, 4)	0.000000	0.000000
HAP(1, 5)	0.000000	0.000000
HRP(1, 1)	21.25000	0.000000
HRP(1, 2)	30.47500	0.000000
HRP(1, 3)	0.000000	0.000000
HRP(1, 4)	0.000000	0.000000
HRP(1, 5)	0.000000	0.000000
TRP(1, 1)	2.000000	0.000000
TRP(1, 2)	2.000000	0.000000
TRP(1, 3)	0.000000	0.000000
TRP(1, 4)	0.000000	0.000000
TRP(1, 5)	0.000000	0.000000
XDLP(1, 1, 1, 1)	0.000000	17076.80
XDLP(1, 1, 2, 1)	0.000000	17076.80
XDLP(1, 1, 3, 1)	75.00000	17076.80
XDLP(1, 2, 1, 1)	0.000000	24385.60
XDLP(1, 2, 2, 1)	0.000000	24385.60
XDLP(1, 2, 3, 1)	67.00000	24385.60
XDLP(1, 3, 1, 1)	0.000000	0.000000
XDLP(1, 3, 2, 1)	0.000000	0.000000
XDLP(1, 3, 3, 1)	0.000000	0.000000
XDLP(1, 4, 1, 1)	0.000000	0.000000
XDLP(1, 4, 2, 1)	0.000000	0.000000
XDLP(1, 4, 3, 1)	0.000000	0.000000
XDLP(1, 5, 1, 1)	0.000000	0.000000
XDLP(1, 5, 2, 1)	0.000000	0.000000
XDLP(1, 5, 3, 1)	0.000000	0.000000
XDCP(1, 1, 1, 1)	0.000000	-213566.4
XDCP(1, 1, 2, 1)	0.000000	-213566.4
XDCP(1, 1, 3, 1)	0.000000	-213566.4
XDCP(1, 2, 1, 1)	0.000000	-22030.05
XDCP(1, 2, 2, 1)	0.000000	-22030.05
XDCP(1, 2, 3, 1)	8.000000	-22030.05
XDCP(1, 3, 1, 1)	0.000000	0.000000
XDCP(1, 3, 2, 1)	0.000000	0.000000
XDCP(1, 3, 3, 1)	0.000000	0.000000
XDCP(1, 4, 1, 1)	0.000000	0.000000
XDCP(1, 4, 2, 1)	0.000000	0.000000
XDCP(1, 4, 3, 1)	0.000000	0.000000
XDCP(1, 5, 1, 1)	0.000000	0.000000
XDCP(1, 5, 2, 1)	0.000000	0.000000
XDCP(1, 5, 3, 1)	0.000000	0.000000
F(1, 1, 1)	1.000000	0.000000
F(1, 2, 1)	1.000000	0.000000
F(1, 3, 1)	1.000000	0.000000
F(1, 4, 1)	1.000000	0.000000
F(1, 5, 1)	1.000000	0.000000
GAMMAPS(1, 1, 1)	0.5000000	0.000000
GAMMAPS(1, 2, 1)	0.5000000	0.000000
GAMMAPS(1, 3, 1)	0.5000000	0.000000
GAMMAPS(1, 4, 1)	0.5000000	0.000000
GAMMAPS(1, 5, 1)	0.5000000	0.000000
WPS(1, 1, 1)	2650.000	0.000000
WPS(1, 2, 1)	217.1000	0.000000

WPS (1, 3, 1)	3771.000	0.000000
WPS (1, 4, 1)	460.0000	0.000000
WPS (1, 5, 1)	1350.000	0.000000
BRPS (1, 1, 1)	5620.000	0.000000
BRPS (1, 2, 1)	10280.00	0.000000
BRPS (1, 3, 1)	7147.000	0.000000
BRPS (1, 4, 1)	12326.00	0.000000
BRPS (1, 5, 1)	13500.00	0.000000
BLPS (1, 1, 1)	11240.00	0.000000
BLPS (1, 2, 1)	20560.00	0.000000
BLPS (1, 3, 1)	14294.00	0.000000
BLPS (1, 4, 1)	24652.00	0.000000
BLPS (1, 5, 1)	27000.00	0.000000
BIPS (1, 1, 1)	500.0000	0.000000
BIPS (1, 2, 1)	500.0000	0.000000
BIPS (1, 3, 1)	500.0000	0.000000
BIPS (1, 4, 1)	500.0000	0.000000
BIPS (1, 5, 1)	500.0000	0.000000
BPDPS (1, 1, 1)	5620.000	0.000000
BPDPS (1, 2, 1)	10280.00	0.000000
BPDPS (1, 3, 1)	7147.000	0.000000
BPDPS (1, 4, 1)	12326.00	0.000000
BPDPS (1, 5, 1)	13500.00	0.000000
ERPS (1, 1, 1)	9.275000	0.000000
ERPS (1, 2, 1)	0.7598500	0.000000
ERPS (1, 3, 1)	13.19850	0.000000
ERPS (1, 4, 1)	1.610000	0.000000
ERPS (1, 5, 1)	4.725000	0.000000
EPPS (1, 1, 1)	2.915000	0.000000
EPPS (1, 2, 1)	0.2388100	0.000000
EPPS (1, 3, 1)	4.148100	0.000000
EPPS (1, 4, 1)	0.5060000	0.000000
EPPS (1, 5, 1)	1.485000	0.000000
ELPS (1, 1, 1)	21.20000	0.000000
ELPS (1, 2, 1)	1.736800	0.000000
ELPS (1, 3, 1)	30.16800	0.000000
ELPS (1, 4, 1)	3.680000	0.000000
ELPS (1, 5, 1)	10.80000	0.000000
BTPS (1, 1, 1)	292.0000	0.000000
BTPS (1, 2, 1)	24.00000	0.000000
BTPS (1, 3, 1)	415.0000	0.000000
BTPS (1, 4, 1)	51.00000	0.000000
BTPS (1, 5, 1)	149.0000	0.000000
HDPS (1, 1, 1)	56200.00	0.000000
HDPS (1, 2, 1)	102800.0	0.000000
HDPS (1, 3, 1)	71470.00	0.000000
HDPS (1, 4, 1)	123260.0	0.000000
HDPS (1, 5, 1)	135000.0	0.000000
HAPS (1, 1, 1)	48894.00	0.000000
HAPS (1, 2, 1)	89436.00	0.000000
HAPS (1, 3, 1)	62178.90	0.000000
HAPS (1, 4, 1)	107236.2	0.000000
HAPS (1, 5, 1)	117450.0	0.000000
HRPS (1, 1, 1)	14.05000	0.000000
HRPS (1, 2, 1)	25.70000	0.000000
HRPS (1, 3, 1)	17.86750	0.000000
HRPS (1, 4, 1)	30.81500	0.000000
HRPS (1, 5, 1)	33.75000	0.000000
TRPS (1, 1, 1)	3.000000	0.000000
TRPS (1, 2, 1)	3.000000	0.000000
TRPS (1, 3, 1)	3.000000	0.000000
TRPS (1, 4, 1)	3.000000	0.000000
TRPS (1, 5, 1)	3.000000	0.000000
XDLPS (1, 1, 1, 1, 1)	0.000000	11261.20

XDLPS (1, 1, 1, 2, 1)	0.000000	11261.20
XDLPS (1, 1, 1, 3, 1)	0.000000	11261.20
XDLPS (1, 2, 1, 1, 1)	0.000000	20561.74
XDLPS (1, 2, 1, 2, 1)	0.000000	20561.74
XDLPS (1, 2, 1, 3, 1)	0.000000	20561.74
XDLPS (1, 3, 1, 1, 1)	0.000000	14324.17
XDLPS (1, 3, 1, 2, 1)	0.000000	14324.17
XDLPS (1, 3, 1, 3, 1)	0.000000	14324.17
XDLPS (1, 4, 1, 1, 1)	0.000000	24655.68
XDLPS (1, 4, 1, 2, 1)	0.000000	24655.68
XDLPS (1, 4, 1, 3, 1)	0.000000	24655.68
XDLPS (1, 5, 1, 1, 1)	0.000000	27010.80
XDLPS (1, 5, 1, 2, 1)	0.000000	27010.80
XDLPS (1, 5, 1, 3, 1)	0.000000	27010.80
XDCPS (1, 1, 1, 1, 1)	0.000000	-39873.22
XDCPS (1, 1, 1, 2, 1)	0.000000	-39873.22
XDCPS (1, 1, 1, 3, 1)	0.000000	-39873.22
XDCPS (1, 2, 1, 1, 1)	0.000000	-5795.810
XDCPS (1, 2, 1, 2, 1)	0.000000	-5795.810
XDCPS (1, 2, 1, 3, 1)	0.000000	-5795.810
XDCPS (1, 3, 1, 1, 1)	0.000000	-71136.14
XDCPS (1, 3, 1, 2, 1)	0.000000	-71136.14
XDCPS (1, 3, 1, 3, 1)	0.000000	-71136.14
XDCPS (1, 4, 1, 1, 1)	0.000000	-14633.29
XDCPS (1, 4, 1, 2, 1)	0.000000	-14633.29
XDCPS (1, 4, 1, 3, 1)	0.000000	-14633.29
XDCPS (1, 5, 1, 1, 1)	0.000000	-46907.78
XDCPS (1, 5, 1, 2, 1)	0.000000	-46907.78
XDCPS (1, 5, 1, 3, 1)	0.000000	-46907.78
X (1, 1)	0.000000	500000.0
X (1, 2)	0.000000	500000.0
X (1, 3)	0.000000	500000.0
X (1, 4)	150.0000	500000.0
KM (1, 1)	280.0000	0.000000
KM (1, 2)	501.0000	0.000000
KM (1, 3)	745.0000	0.000000
KM (2, 1)	58.00000	0.000000
KM (2, 2)	252.0000	0.000000
KM (2, 3)	505.0000	0.000000
KM (3, 1)	358.0000	0.000000
KM (3, 2)	127.0000	0.000000
KM (3, 3)	205.0000	0.000000
KM (4, 1)	622.0000	0.000000
KM (4, 2)	345.0000	0.000000
KM (4, 3)	45.00000	0.000000
KMRD (1, 1)	280.0000	0.000000
KMRD (1, 2)	58.00000	0.000000
KMRD (1, 3)	215.0000	0.000000
KMRD (1, 4)	622.0000	0.000000
KMRD (2, 1)	501.0000	0.000000
KMRD (2, 2)	252.0000	0.000000
KMRD (2, 3)	117.0000	0.000000
KMRD (2, 4)	345.0000	0.000000
KMRD (3, 1)	745.0000	0.000000
KMRD (3, 2)	505.0000	0.000000
KMRD (3, 3)	410.0000	0.000000
KMRD (3, 4)	45.00000	0.000000
KMD (1, 1)	280.0000	0.000000
KMD (1, 2)	58.00000	0.000000
KMD (1, 3)	215.0000	0.000000
KMD (1, 4)	622.0000	0.000000
KMD (2, 1)	501.0000	0.000000
KMD (2, 2)	252.0000	0.000000
KMD (2, 3)	117.0000	0.000000

KMD (2, 4)	345.0000	0.000000
KMD (3, 1)	745.0000	0.000000
KMD (3, 2)	505.0000	0.000000
KMD (3, 3)	410.0000	0.000000
KMD (3, 4)	45.000000	0.000000
KMRA (1, 1)	200.0000	0.000000
KMRA (2, 1)	360.0000	0.000000
KMRA (3, 1)	600.0000	0.000000
KMA (1, 1)	200.0000	0.000000
KMA (2, 1)	360.0000	0.000000
KMA (3, 1)	600.0000	0.000000

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	0.3023473E+08	-1.000000
2	0.000000	-1.000000
3	0.000000	-1.000000
4	0.000000	1.000000
5	0.000000	-1.000000
6	-0.2980232E-07	1.000000
7	-0.1490116E-07	1.000000
8	0.000000	1.000000
9	0.000000	1.000000
10	-0.5587935E-08	-1.000000
11	0.000000	-1.000000
12	0.000000	-1.000000
13	0.000000	-1.000000
14	0.000000	-1.000000
15	0.000000	-1.000000
16	0.000000	-1.000000
17	0.000000	-1.000000
18	0.000000	-1.000000
19	0.000000	-1.000000
20	0.000000	1.000000
21	0.000000	1.000000
22	150.0000	0.000000
23	150.0000	0.000000
24	149.0000	0.000000
25	95.00000	0.000000
26	50.00000	0.000000
27	150.0000	0.000000
28	150.0000	0.000000
29	150.0000	0.000000
30	75.00000	0.000000
31	150.0000	0.000000
32	150.0000	0.000000
33	150.0000	0.000000
34	75.00000	0.000000
35	0.000000	0.000000
36	0.000000	0.000000
37	0.000000	0.000000
38	0.000000	0.000000
39	0.000000	0.000000
40	0.000000	0.000000
41	0.000000	0.000000
42	0.000000	0.000000
43	0.000000	0.000000
44	0.000000	0.000000
45	0.000000	0.000000
46	0.000000	0.000000
47	100.0000	0.000000
48	100.0000	0.000000
49	0.000000	0.000000
50	0.000000	0.000000
51	0.000000	0.000000

52	100.0000	0.000000
53	100.0000	0.000000
54	100.0000	0.000000
55	100.0000	0.000000
56	100.0000	0.000000
57	100.0000	0.000000
58	100.0000	0.000000
59	100.0000	0.000000
60	100.0000	0.000000
61	100.0000	0.000000
62	100.0000	0.000000
63	100.0000	0.000000
64	100.0000	0.000000
65	100.0000	0.000000
66	100.0000	0.000000
67	100.0000	0.000000
68	100.0000	0.000000
69	100.0000	0.000000
70	100.0000	0.000000
71	100.0000	0.000000
72	100.0000	0.000000
73	100.0000	0.000000
74	100.0000	0.000000
75	100.0000	0.000000
76	100.0000	0.000000
77	0.000000	0.000000
78	0.000000	0.000000
79	0.000000	0.000000
80	0.000000	0.000000
81	0.000000	0.000000
82	0.000000	0.000000
83	0.000000	0.000000
84	0.000000	0.000000
85	0.000000	0.000000
86	0.000000	0.000000
87	0.000000	0.000000
88	0.000000	0.000000
89	0.000000	0.000000
90	0.000000	0.000000
91	0.000000	0.000000
92	0.000000	0.000000
93	0.000000	0.000000
94	0.000000	0.000000
95	0.000000	0.000000
96	0.000000	0.000000
97	0.000000	0.000000
98	0.000000	0.000000
99	0.000000	0.000000
100	0.000000	0.000000
101	0.000000	0.000000
102	0.000000	0.000000
103	0.000000	0.000000
104	0.000000	0.000000
105	0.000000	0.000000
106	0.000000	0.000000
107	0.000000	0.000000
108	0.000000	0.000000
109	0.000000	0.000000
110	0.000000	0.000000
111	0.000000	0.000000
112	0.000000	0.000000
113	0.000000	0.000000
114	0.000000	0.000000
115	0.000000	0.000000

116	0.000000	0.000000
117	0.000000	0.000000
118	0.000000	0.000000
119	0.000000	0.000000
120	0.000000	0.000000
121	0.000000	0.000000
122	0.000000	0.000000
123	0.000000	0.000000
124	0.000000	0.000000
125	0.000000	0.000000
126	0.000000	0.000000
127	0.000000	0.000000
128	0.000000	0.000000
129	0.000000	0.000000
130	0.000000	0.000000
131	0.000000	0.000000
132	0.000000	0.000000
133	0.000000	0.000000
134	0.000000	0.000000
135	0.000000	0.000000
136	0.000000	0.000000
137	0.000000	0.000000
138	0.000000	0.000000
139	0.000000	0.000000
140	0.000000	0.000000
141	0.000000	0.000000
142	0.000000	0.000000
143	0.000000	0.000000
144	0.000000	0.000000
145	0.000000	0.000000
146	0.000000	0.000000
147	0.000000	0.000000
148	0.000000	0.000000
149	0.000000	0.000000
150	0.000000	0.000000
151	0.000000	0.000000
152	149.0000	0.000000
153	0.000000	0.000000
154	0.000000	0.000000
155	0.000000	0.000000
156	0.000000	0.000000
157	0.000000	0.000000
158	204.0000	0.000000
159	0.000000	0.000000
160	0.000000	0.000000
161	1100.000	0.000000
162	0.000000	0.000000
163	1770.000	0.000000
164	0.000000	0.000000
165	0.000000	0.000000
166	0.000000	0.000000
167	2475.000	0.000000
168	150.0000	0.000000
169	150.0000	0.000000
170	150.0000	0.000000
171	0.000000	0.000000
172	0.000000	0.000000
173	0.000000	0.000000
174	74.00000	0.000000
175	0.000000	0.000000
176	0.000000	0.000000
177	20.00000	0.000000
178	0.000000	0.000000
179	0.000000	0.000000

180	0.000000	0.000000
181	0.000000	0.000000
182	0.000000	0.000000
183	0.000000	0.000000
184	0.000000	0.000000
185	0.000000	0.000000
186	0.000000	0.000000
187	0.000000	0.000000
188	0.000000	0.000000
189	0.000000	0.000000
190	0.000000	0.000000
191	0.000000	0.000000
192	0.000000	0.000000
193	0.000000	0.000000
194	0.000000	0.000000
195	0.000000	0.000000
196	0.000000	0.000000
197	0.000000	0.000000
198	0.000000	0.000000
199	0.000000	0.000000
200	0.000000	0.000000
201	0.000000	0.000000
202	0.000000	0.000000
203	0.000000	0.000000
204	0.000000	0.000000
205	0.000000	0.000000
206	0.000000	0.000000
207	0.000000	0.000000
208	0.000000	0.000000
209	0.000000	0.000000
210	606378.6	0.000000
211	2.000000	0.000000
212	2.000000	0.000000
213	2.000000	0.000000
214	0.000000	0.000000
215	0.000000	0.000000
216	0.000000	0.000000
217	0.000000	0.000000

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

Lampiran 1.d. Hasil Aplikasi Model untuk Analisis Sensitivitas Skenario 1

(Sub – Bab 5.3.4)

Global optimal solution found.
 Objective value: 156875.7
 Objective bound: 156875.7
 Infeasibilities: 0.1490116E-07
 Extended solver steps: 5
 Total solver iterations: 552

Variable	Value	Reduced Cost
TETA	0.3000000	0.000000
PD	500000.0	0.000000
PRL	0.3000000E+08	0.000000
AE	10000.00	0.000000
AR	900000.0	0.000000
AP	1700000.	0.000000
D4	156875.7	0.000000
BERAT_SPAREPART_DIDAURULANG	743124.3	0.000000
BERAT_SPAREPART_DIPULIHKAN	1356424.	0.000000
EMISI_CO2	10000.00	0.000000
PENDAPATAN_BERSIH	0.3000000E+08	0.000000
TOTAL_PENDAPATAN	0.2760304E+09	0.000000
TOTAL_BIAYA	0.2460304E+09	0.000000
PENDAPATAN_JUAL_SPAREPART	0.1945097E+09	0.000000
PENDAPATAN_DARI_RECYCLER	0.8152075E+08	0.000000
PENDANAAN	0.7500000E+08	0.000000
TRANSPORTASI	0.1331009E+09	0.000000
INSPEKSI	2352168.	0.000000
DISASSEMBLY	8517610.	0.000000
REPAIR	3076739.	0.000000
REFURBISH	2852865.	0.000000
DISPOSAL_LIMBAH	3330105.	0.000000
BIAYA_TETAP	0.1780000E+08	0.000000
MDA	3.000000	0.000000
MRF	3.000000	0.000000
MRP	3.000000	0.000000
KPK(1)	150.0000	0.000000
KPK(2)	150.0000	0.000000
KPK(3)	150.0000	0.000000
KPK(4)	150.0000	0.000000
YDA(1)	0.000000	379401.5
YDA(2)	0.000000	379401.5
YDA(3)	1.000000	474251.9
KDA(1)	2600.000	0.000000
KDA(2)	2200.000	0.000000
KDA(3)	2600.000	0.000000
FDA(1)	3200000.	0.000000
FDA(2)	3200000.	0.000000
FDA(3)	4000000.	0.000000
YRP(1)	0.000000	711377.8
YRP(2)	0.000000	673437.7
YRP(3)	1.000000	806228.2
KRP(1)	3100.000	0.000000
KRP(2)	2800.000	0.000000
KRP(3)	3600.000	0.000000
FRP(1)	6000000.	0.000000
FRP(2)	5680000.	0.000000
FRP(3)	6800000.	0.000000
YRF(1)	1.000000	829940.8

YRF(2)	0.000000	735090.4
YRF(3)	0.000000	803124.2
KRF(1)	1800.000	0.000000
KRF(2)	1800.000	0.000000
KRF(3)	1800.000	0.000000
FRF(1)	7000000.	0.000000
FRF(2)	6200000.	0.000000
FRF(3)	7500000.	0.000000
MEOL(1)	150.0000	0.000000
W(1)	18748.00	0.000000
BI(1)	10000.00	0.000000
BTR(1)	18748.00	0.000000
T(1)	10.00000	0.000000
XRD(1, 1, 1, 1)	0.000000	24504.83
XRD(1, 1, 1, 2)	26.53319	0.000000
XRD(1, 1, 1, 3)	0.000000	17329.99
XRD(1, 1, 1, 4)	0.000000	62255.52
XRD(1, 1, 2, 1)	0.000000	42386.74
XRD(1, 1, 2, 2)	0.000000	14901.59
XRD(1, 1, 2, 3)	0.000000	0.000000
XRD(1, 1, 2, 4)	0.000000	25167.12
XRD(1, 1, 3, 1)	0.000000	77267.49
XRD(1, 1, 3, 2)	0.000000	50775.78
XRD(1, 1, 3, 3)	0.000000	40289.48
XRD(1, 1, 3, 4)	0.000000	0.000000
XDES(1, 1, 1, 1)	0.000000	24504.83
XDES(1, 1, 1, 2)	0.000000	0.000000
XDES(1, 1, 1, 3)	0.000000	17329.99
XDES(1, 1, 1, 4)	0.000000	62255.52
XDES(1, 1, 2, 1)	0.000000	42386.74
XDES(1, 1, 2, 2)	0.000000	14901.59
XDES(1, 1, 2, 3)	0.000000	0.000000
XDES(1, 1, 2, 4)	0.000000	25167.12
XDES(1, 1, 3, 1)	0.000000	105078.3
XDES(1, 1, 3, 2)	0.000000	78586.58
XDES(1, 1, 3, 3)	0.000000	68100.27
XDES(1, 1, 3, 4)	0.000000	27810.80
PDES(1, 1, 1)	150.0000	0.000000
PDES(1, 1, 2)	150.0000	0.000000
PDES(1, 1, 3)	150.0000	0.000000
PDES(1, 1, 4)	150.0000	0.000000
XRA(1, 1, 1, 1)	0.000000	22453.86
XRA(1, 1, 2, 1)	0.000000	33602.45
XRA(1, 1, 3, 1)	0.000000	68041.68
XAPS(1, 1, 1, 1)	0.000000	22453.86
XAPS(1, 1, 2, 1)	0.000000	33602.45
XAPS(1, 1, 3, 1)	0.000000	95852.48
PAPS(1, 1, 1)	50.00000	0.000000
XDEP(1, 1, 1, 1)	0.000000	25268.14
XDEP(1, 1, 1, 2)	0.000000	0.000000
XDEP(1, 1, 1, 3)	0.000000	17869.81
XDEP(1, 1, 1, 4)	0.000000	64194.74
XDEP(1, 1, 2, 1)	0.000000	43707.05
XDEP(1, 1, 2, 2)	0.000000	15365.76
XDEP(1, 1, 2, 3)	0.000000	0.000000
XDEP(1, 1, 2, 4)	0.000000	25951.06
XDEP(1, 1, 3, 1)	0.000000	79674.32
XDEP(1, 1, 3, 2)	0.000000	52357.41
XDEP(1, 1, 3, 3)	0.000000	41544.47
XDEP(1, 1, 3, 4)	105.0000	0.000000
XDEP(1, 2, 1, 1)	0.000000	1842.469
XDEP(1, 2, 1, 2)	0.000000	0.000000
XDEP(1, 2, 1, 3)	0.000000	1303.007
XDEP(1, 2, 1, 4)	0.000000	4680.866

XDEP (1, 2, 2, 1)	0.000000	3186.973
XDEP (1, 2, 2, 2)	0.000000	1120.420
XDEP (1, 2, 2, 3)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 2, 2, 4)	0.000000	1892.265
XDEP (1, 2, 3, 1)	0.000000	5809.586
XDEP (1, 2, 3, 2)	0.000000	3817.728
XDEP (1, 2, 3, 3)	0.000000	3029.284
XDEP (1, 2, 3, 4)	105.0000	0.000000
XDEP (1, 3, 1, 1)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 3, 1, 2)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 3, 1, 3)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 3, 1, 4)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 3, 2, 1)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 3, 2, 2)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 3, 2, 3)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 3, 2, 4)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 3, 3, 1)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 3, 3, 2)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 3, 3, 3)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 3, 3, 4)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 4, 1, 1)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 4, 1, 2)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 4, 1, 3)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 4, 1, 4)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 4, 2, 1)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 4, 2, 2)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 4, 2, 3)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 4, 2, 4)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 4, 3, 1)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 4, 3, 2)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 4, 3, 3)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 4, 3, 4)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 5, 1, 1)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 5, 1, 2)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 5, 1, 3)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 5, 1, 4)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 5, 2, 1)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 5, 2, 2)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 5, 2, 3)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 5, 2, 4)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 5, 3, 1)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 5, 3, 2)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 5, 3, 3)	0.000000	0.000000
XDEP (1, 5, 3, 4)	0.000000	0.000000
PDEP (1, 1, 1)	150.0000	0.000000
PDEP (1, 1, 2)	150.0000	0.000000
PDEP (1, 1, 3)	150.0000	0.000000
PDEP (1, 1, 4)	150.0000	0.000000
PDEP (1, 2, 1)	150.0000	0.000000
PDEP (1, 2, 2)	150.0000	0.000000
PDEP (1, 2, 3)	150.0000	0.000000
PDEP (1, 2, 4)	150.0000	0.000000
PDEP (1, 3, 1)	0.000000	0.000000
PDEP (1, 3, 2)	0.000000	0.000000
PDEP (1, 3, 3)	0.000000	0.000000
PDEP (1, 3, 4)	0.000000	0.000000
PDEP (1, 4, 1)	0.000000	0.000000
PDEP (1, 4, 2)	0.000000	0.000000
PDEP (1, 4, 3)	0.000000	0.000000
PDEP (1, 4, 4)	0.000000	0.000000
PDEP (1, 5, 1)	0.000000	0.000000
PDEP (1, 5, 2)	0.000000	0.000000
PDEP (1, 5, 3)	0.000000	0.000000
PDEP (1, 5, 4)	0.000000	0.000000

XAPP(1, 1, 1, 1)	0.000000	41357.14
XAPP(1, 1, 2, 1)	0.000000	52853.00
XAPP(1, 1, 3, 1)	0.000000	88364.98
XAPP(1, 2, 1, 1)	0.000000	37310.58
XAPP(1, 2, 2, 1)	0.000000	38148.82
XAPP(1, 2, 3, 1)	0.000000	40738.24
XAPP(1, 3, 1, 1)	0.000000	0.000000
XAPP(1, 3, 2, 1)	0.000000	0.000000
XAPP(1, 3, 3, 1)	0.000000	0.000000
XAPP(1, 4, 1, 1)	0.000000	0.000000
XAPP(1, 4, 2, 1)	0.000000	0.000000
XAPP(1, 4, 3, 1)	0.000000	0.000000
XAPP(1, 5, 1, 1)	0.000000	0.000000
XAPP(1, 5, 2, 1)	0.000000	0.000000
XAPP(1, 5, 3, 1)	0.000000	0.000000
PAPP(1, 1, 1)	100.0000	0.000000
PAPP(1, 2, 1)	100.0000	0.000000
PAPP(1, 3, 1)	0.000000	0.000000
PAPP(1, 4, 1)	0.000000	0.000000
PAPP(1, 5, 1)	0.000000	0.000000
XDEPS(1, 1, 1, 1, 1)	0.000000	7685.726
XDEPS(1, 1, 1, 1, 2)	0.000000	0.000000
XDEPS(1, 1, 1, 1, 3)	0.000000	5435.401
XDEPS(1, 1, 1, 1, 4)	0.000000	19525.90
XDEPS(1, 1, 1, 2, 1)	0.000000	13294.23
XDEPS(1, 1, 1, 2, 2)	0.000000	4673.752
XDEPS(1, 1, 1, 2, 3)	0.000000	0.000000
XDEPS(1, 1, 1, 2, 4)	0.000000	7893.448
XDEPS(1, 1, 1, 3, 1)	0.000000	38727.53
XDEPS(1, 1, 1, 3, 2)	0.000000	30418.64
XDEPS(1, 1, 1, 3, 3)	0.000000	27129.70
XDEPS(1, 1, 1, 3, 4)	0.000000	14493.26
XDEPS(1, 2, 1, 1, 1)	0.000000	631.7035
XDEPS(1, 2, 1, 1, 2)	0.000000	0.000000
XDEPS(1, 2, 1, 1, 3)	0.000000	446.7453
XDEPS(1, 2, 1, 1, 4)	0.000000	1604.868
XDEPS(1, 2, 1, 2, 1)	0.000000	1092.676
XDEPS(1, 2, 1, 2, 2)	0.000000	384.1440
XDEPS(1, 2, 1, 2, 3)	0.000000	0.000000
XDEPS(1, 2, 1, 2, 4)	0.000000	648.7766
XDEPS(1, 2, 1, 3, 1)	0.000000	1991.858
XDEPS(1, 2, 1, 3, 2)	0.000000	1308.935
XDEPS(1, 2, 1, 3, 3)	0.000000	1038.612
XDEPS(1, 2, 1, 3, 4)	25.04541	0.000000
XDEPS(1, 3, 1, 1, 1)	0.000000	10923.21
XDEPS(1, 3, 1, 1, 2)	0.000000	0.000000
XDEPS(1, 3, 1, 1, 3)	0.000000	7724.970
XDEPS(1, 3, 1, 1, 4)	0.000000	27750.85
XDEPS(1, 3, 1, 2, 1)	0.000000	18894.20
XDEPS(1, 3, 1, 2, 2)	0.000000	6642.490
XDEPS(1, 3, 1, 2, 3)	0.000000	0.000000
XDEPS(1, 3, 1, 2, 4)	0.000000	11218.43
XDEPS(1, 3, 1, 3, 1)	0.000000	56147.90
XDEPS(1, 3, 1, 3, 2)	0.000000	44339.03
XDEPS(1, 3, 1, 3, 3)	0.000000	39664.69
XDEPS(1, 3, 1, 3, 4)	0.000000	21705.36
XDEPS(1, 4, 1, 1, 1)	0.000000	1342.370
XDEPS(1, 4, 1, 1, 2)	0.000000	0.000000
XDEPS(1, 4, 1, 1, 3)	0.000000	949.3337
XDEPS(1, 4, 1, 1, 4)	0.000000	3410.345
XDEPS(1, 4, 1, 2, 1)	0.000000	2321.937
XDEPS(1, 4, 1, 2, 2)	0.000000	816.3061
XDEPS(1, 4, 1, 2, 3)	0.000000	0.000000
XDEPS(1, 4, 1, 2, 4)	0.000000	1378.650

XDEPS(1, 4, 1, 3, 1)	0.000000	4232.698
XDEPS(1, 4, 1, 3, 2)	0.000000	2781.487
XDEPS(1, 4, 1, 3, 3)	0.000000	2207.050
XDEPS(1, 4, 1, 3, 4)	25.04541	0.000000
XDEPS(1, 5, 1, 1, 1)	0.000000	3921.826
XDEPS(1, 5, 1, 1, 2)	0.000000	0.000000
XDEPS(1, 5, 1, 1, 3)	0.000000	2773.544
XDEPS(1, 5, 1, 1, 4)	0.000000	9963.558
XDEPS(1, 5, 1, 2, 1)	0.000000	6783.699
XDEPS(1, 5, 1, 2, 2)	0.000000	2384.894
XDEPS(1, 5, 1, 2, 3)	0.000000	0.000000
XDEPS(1, 5, 1, 2, 4)	0.000000	4027.821
XDEPS(1, 5, 1, 3, 1)	0.000000	12366.12
XDEPS(1, 5, 1, 3, 2)	0.000000	8126.306
XDEPS(1, 5, 1, 3, 3)	0.000000	6448.047
XDEPS(1, 5, 1, 3, 4)	25.04541	0.000000
PDEPS(1, 1, 1, 1)	100.0000	0.000000
PDEPS(1, 1, 1, 2)	100.0000	0.000000
PDEPS(1, 1, 1, 3)	100.0000	0.000000
PDEPS(1, 1, 1, 4)	100.0000	0.000000
PDEPS(1, 2, 1, 1)	100.0000	0.000000
PDEPS(1, 2, 1, 2)	100.0000	0.000000
PDEPS(1, 2, 1, 3)	100.0000	0.000000
PDEPS(1, 2, 1, 4)	100.0000	0.000000
PDEPS(1, 3, 1, 1)	100.0000	0.000000
PDEPS(1, 3, 1, 2)	100.0000	0.000000
PDEPS(1, 3, 1, 3)	100.0000	0.000000
PDEPS(1, 3, 1, 4)	100.0000	0.000000
PDEPS(1, 4, 1, 1)	100.0000	0.000000
PDEPS(1, 4, 1, 2)	100.0000	0.000000
PDEPS(1, 4, 1, 3)	100.0000	0.000000
PDEPS(1, 4, 1, 4)	100.0000	0.000000
PDEPS(1, 5, 1, 1)	100.0000	0.000000
PDEPS(1, 5, 1, 2)	100.0000	0.000000
PDEPS(1, 5, 1, 3)	100.0000	0.000000
PDEPS(1, 5, 1, 4)	100.0000	0.000000
XAPPS(1, 1, 1, 1, 1)	0.000000	5782.316
XAPPS(1, 1, 1, 2, 1)	0.000000	9278.975
XAPPS(1, 1, 1, 3, 1)	0.000000	34573.79
XAPPS(1, 2, 1, 1, 1)	0.000000	1988.538
XAPPS(1, 2, 1, 2, 1)	0.000000	2275.935
XAPPS(1, 2, 1, 3, 1)	0.000000	3163.734
XAPPS(1, 3, 1, 1, 1)	0.000000	8088.496
XAPPS(1, 3, 1, 2, 1)	0.000000	13058.06
XAPPS(1, 3, 1, 3, 1)	0.000000	50114.96
XAPPS(1, 4, 1, 1, 1)	0.000000	2758.462
XAPPS(1, 4, 1, 2, 1)	0.000000	3369.180
XAPPS(1, 4, 1, 3, 1)	0.000000	5255.754
XAPPS(1, 5, 1, 1, 1)	0.000000	4589.336
XAPPS(1, 5, 1, 2, 1)	0.000000	6373.590
XAPPS(1, 5, 1, 3, 1)	0.000000	11885.35
PAPPS(1, 1, 1, 1)	100.0000	0.000000
PAPPS(1, 2, 1, 1)	100.0000	0.000000
PAPPS(1, 3, 1, 1)	100.0000	0.000000
PAPPS(1, 4, 1, 1)	100.0000	0.000000
PAPPS(1, 5, 1, 1)	100.0000	0.000000
XDR(1, 1, 1, 1)	0.000000	0.000000
XDR(1, 1, 1, 2)	0.000000	6512.545
XDR(1, 1, 1, 3)	0.000000	0.000000
XDR(1, 1, 2, 1)	0.000000	0.000000
XDR(1, 1, 2, 2)	0.000000	6512.545
XDR(1, 1, 2, 3)	0.000000	0.000000
XDR(1, 1, 3, 1)	26.53319	0.000000
XDR(1, 1, 3, 2)	0.000000	6512.545

XDR (1, 1, 3, 3)	0.000000	0.000000
XDRS (1, 1, 1, 1)	0.000000	29245.76
XDRS (1, 1, 1, 2)	0.000000	35758.31
XDRS (1, 1, 1, 3)	0.000000	0.000000
XDRS (1, 1, 2, 1)	0.000000	29245.76
XDRS (1, 1, 2, 2)	0.000000	35758.31
XDRS (1, 1, 2, 3)	0.000000	0.000000
XDRS (1, 1, 3, 1)	0.000000	29245.76
XDRS (1, 1, 3, 2)	0.000000	35758.31
XDRS (1, 1, 3, 3)	0.000000	0.000000
XDRP (1, 1, 1, 1)	0.000000	1479.666
XDRP (1, 1, 1, 2)	0.000000	8195.073
XDRP (1, 1, 1, 3)	0.000000	0.000000
XDRP (1, 1, 2, 1)	0.000000	1479.666
XDRP (1, 1, 2, 2)	0.000000	8195.073
XDRP (1, 1, 2, 3)	0.000000	0.000000
XDRP (1, 1, 3, 1)	0.000000	1479.666
XDRP (1, 1, 3, 2)	0.000000	8195.073
XDRP (1, 1, 3, 3)	105.0000	0.000000
XDRP (1, 2, 1, 1)	0.000000	107.8923
XDRP (1, 2, 1, 2)	0.000000	597.5574
XDRP (1, 2, 1, 3)	0.000000	0.000000
XDRP (1, 2, 2, 1)	0.000000	107.8923
XDRP (1, 2, 2, 2)	0.000000	597.5574
XDRP (1, 2, 2, 3)	0.000000	0.000000
XDRP (1, 2, 3, 1)	0.000000	107.8923
XDRP (1, 2, 3, 2)	0.000000	597.5574
XDRP (1, 2, 3, 3)	105.0000	0.000000
XDRP (1, 3, 1, 1)	0.000000	0.000000
XDRP (1, 3, 1, 2)	0.000000	0.000000
XDRP (1, 3, 1, 3)	0.000000	0.000000
XDRP (1, 3, 2, 1)	0.000000	0.000000
XDRP (1, 3, 2, 2)	0.000000	0.000000
XDRP (1, 3, 2, 3)	0.000000	0.000000
XDRP (1, 3, 3, 1)	0.000000	0.000000
XDRP (1, 3, 3, 2)	0.000000	0.000000
XDRP (1, 3, 3, 3)	0.000000	0.000000
XDRP (1, 4, 1, 1)	0.000000	0.000000
XDRP (1, 4, 1, 2)	0.000000	0.000000
XDRP (1, 4, 1, 3)	0.000000	0.000000
XDRP (1, 4, 2, 1)	0.000000	0.000000
XDRP (1, 4, 2, 2)	0.000000	0.000000
XDRP (1, 4, 2, 3)	0.000000	0.000000
XDRP (1, 4, 3, 1)	0.000000	0.000000
XDRP (1, 4, 3, 2)	0.000000	0.000000
XDRP (1, 4, 3, 3)	0.000000	0.000000
XDRP (1, 5, 1, 1)	0.000000	0.000000
XDRP (1, 5, 1, 2)	0.000000	0.000000
XDRP (1, 5, 1, 3)	0.000000	0.000000
XDRP (1, 5, 2, 1)	0.000000	0.000000
XDRP (1, 5, 2, 2)	0.000000	0.000000
XDRP (1, 5, 2, 3)	0.000000	0.000000
XDRP (1, 5, 3, 1)	0.000000	0.000000
XDRP (1, 5, 3, 2)	0.000000	0.000000
XDRP (1, 5, 3, 3)	0.000000	0.000000
XDRPS (1, 1, 1, 1, 1)	0.000000	14943.32
XDRPS (1, 1, 1, 1, 2)	0.000000	16985.93
XDRPS (1, 1, 1, 1, 3)	0.000000	0.000000
XDRPS (1, 1, 1, 2, 1)	0.000000	14943.32
XDRPS (1, 1, 1, 2, 2)	0.000000	16985.93
XDRPS (1, 1, 1, 2, 3)	0.000000	0.000000
XDRPS (1, 1, 1, 3, 1)	0.000000	14943.32
XDRPS (1, 1, 1, 3, 2)	0.000000	16985.93
XDRPS (1, 1, 1, 3, 3)	0.000000	0.000000

XDRPS (1, 2, 1, 1, 1)	0.000000	36.99165
XDRPS (1, 2, 1, 1, 2)	0.000000	204.8768
XDRPS (1, 2, 1, 1, 3)	0.000000	0.000000
XDRPS (1, 2, 1, 2, 1)	0.000000	36.99165
XDRPS (1, 2, 1, 2, 2)	0.000000	204.8768
XDRPS (1, 2, 1, 2, 3)	0.000000	0.000000
XDRPS (1, 2, 1, 3, 1)	0.000000	36.99165
XDRPS (1, 2, 1, 3, 2)	0.000000	204.8768
XDRPS (1, 2, 1, 3, 3)	25.04541	0.000000
XDRPS (1, 3, 1, 1, 1)	0.000000	22345.01
XDRPS (1, 3, 1, 1, 2)	0.000000	25248.02
XDRPS (1, 3, 1, 1, 3)	0.000000	0.000000
XDRPS (1, 3, 1, 2, 1)	0.000000	22345.01
XDRPS (1, 3, 1, 2, 2)	0.000000	25248.02
XDRPS (1, 3, 1, 2, 3)	0.000000	0.000000
XDRPS (1, 3, 1, 3, 1)	0.000000	22345.01
XDRPS (1, 3, 1, 3, 2)	0.000000	25248.02
XDRPS (1, 3, 1, 3, 3)	0.000000	0.000000
XDRPS (1, 4, 1, 1, 1)	0.000000	78.60725
XDRPS (1, 4, 1, 1, 2)	0.000000	435.3632
XDRPS (1, 4, 1, 1, 3)	0.000000	0.000000
XDRPS (1, 4, 1, 2, 1)	0.000000	78.60725
XDRPS (1, 4, 1, 2, 2)	0.000000	435.3632
XDRPS (1, 4, 1, 2, 3)	0.000000	0.000000
XDRPS (1, 4, 1, 3, 1)	0.000000	78.60725
XDRPS (1, 4, 1, 3, 2)	0.000000	435.3632
XDRPS (1, 4, 1, 3, 3)	25.04541	0.000000
XDRPS (1, 5, 1, 1, 1)	0.000000	229.6565
XDRPS (1, 5, 1, 1, 2)	0.000000	1271.944
XDRPS (1, 5, 1, 1, 3)	0.000000	0.000000
XDRPS (1, 5, 1, 2, 1)	0.000000	229.6565
XDRPS (1, 5, 1, 2, 2)	0.000000	1271.944
XDRPS (1, 5, 1, 2, 3)	0.000000	0.000000
XDRPS (1, 5, 1, 3, 1)	0.000000	229.6565
XDRPS (1, 5, 1, 3, 2)	0.000000	1271.944
XDRPS (1, 5, 1, 3, 3)	25.04541	0.000000
XQ (1, 1, 1)	0.000000	512776.7
XQ (1, 1, 2)	0.000000	19310.93
XQ (1, 1, 3)	0.000000	686156.5
XQ (1, 1, 4)	0.000000	1272981.
XQ (1, 2, 1)	0.000000	1004020.
XQ (1, 2, 2)	0.000000	450537.7
XQ (1, 2, 3)	0.000000	172685.4
XQ (1, 2, 4)	0.000000	657259.9
XQ (1, 3, 1)	0.000000	1555973.
XQ (1, 3, 2)	0.000000	1022497.
XQ (1, 3, 3)	0.000000	355651.0
XQ (1, 3, 4)	150.0000	0.000000
AA (1, 1)	1.000000	0.000000
ALPHA (1, 1)	0.5000000	0.000000
GAMMAS (1, 1)	0.7000000	0.000000
WS (1, 1)	8448.100	0.000000
BRS (1, 1)	53760.30	0.000000
BR (1, 1)	107520.6	0.000000
BIS (1, 1)	2500.000	0.000000
BIRS (1, 1)	3000.000	0.000000
BPDS (1, 1)	24436.50	0.000000
ERS (1, 1)	29.56835	0.000000
EPS (1, 1)	9.292910	0.000000
EF (1, 1)	21.12025	0.000000
BTS (1, 1)	931.0000	0.000000
HDS (1, 1)	439857.0	0.000000
HAS (1, 1)	382675.6	0.000000
HRS (1, 1)	109.9643	0.000000

TR(1, 1)	30.000000	0.000000
TRS(1, 1)	15.000000	0.000000
XDCS(1, 1, 1, 1)	0.000000	14254.15
XDCS(1, 1, 2, 1)	0.000000	14254.15
XDCS(1, 1, 3, 1)	87.68765	0.000000
XS(1, 1, 1)	0.000000	0.000000
XS(1, 1, 2)	0.000000	0.000000
XS(1, 1, 3)	35.77916	0.000000
B(1, 1)	1.000000	0.000000
B(1, 2)	1.000000	0.000000
B(1, 3)	0.000000	0.000000
B(1, 4)	0.000000	0.000000
B(1, 5)	0.000000	0.000000
GAMMAP(1, 1)	0.7000000	0.000000
GAMMAP(1, 2)	0.7000000	0.000000
GAMMAP(1, 3)	0.000000	0.000000
GAMMAP(1, 4)	0.000000	0.000000
GAMMAP(1, 5)	0.000000	0.000000
WP(1, 1)	9600.000	0.000000
WP(1, 2)	700.0000	0.000000
WP(1, 3)	0.000000	0.000000
WP(1, 4)	0.000000	0.000000
WP(1, 5)	0.000000	0.000000
BRP(1, 1)	8500.000	0.000000
BRP(1, 2)	12190.00	0.000000
BRP(1, 3)	0.000000	0.000000
BRP(1, 4)	0.000000	0.000000
BRP(1, 5)	0.000000	0.000000
BLP(1, 1)	17000.00	0.000000
BLP(1, 2)	24380.00	0.000000
BLP(1, 3)	0.000000	0.000000
BLP(1, 4)	0.000000	0.000000
BLP(1, 5)	0.000000	0.000000
BIP(1, 1)	3500.000	0.000000
BIP(1, 2)	3500.000	0.000000
BIP(1, 3)	0.000000	0.000000
BIP(1, 4)	0.000000	0.000000
BIP(1, 5)	0.000000	0.000000
BPDP(1, 1)	8500.000	0.000000
BPDP(1, 2)	12190.00	0.000000
BPDP(1, 3)	0.000000	0.000000
BPDP(1, 4)	0.000000	0.000000
BPDP(1, 5)	0.000000	0.000000
ERP(1, 1)	33.60000	0.000000
ERP(1, 2)	2.450000	0.000000
ERP(1, 3)	0.000000	0.000000
ERP(1, 4)	0.000000	0.000000
ERP(1, 5)	0.000000	0.000000
EPP(1, 1)	9.600000	0.000000
EPP(1, 2)	0.7000000	0.000000
EPP(1, 3)	0.000000	0.000000
EPP(1, 4)	0.000000	0.000000
EPP(1, 5)	0.000000	0.000000
ELP(1, 1)	76.80000	0.000000
ELP(1, 2)	5.600000	0.000000
ELP(1, 3)	0.000000	0.000000
ELP(1, 4)	0.000000	0.000000
ELP(1, 5)	0.000000	0.000000
BTP(1, 1)	960.0000	0.000000
BTP(1, 2)	70.00000	0.000000
BTP(1, 3)	0.000000	0.000000
BTP(1, 4)	0.000000	0.000000
BTP(1, 5)	0.000000	0.000000
HDP(1, 1)	680000.0	0.000000

HDP(1, 2)	975200.0	0.000000
HDP(1, 3)	0.000000	0.000000
HDP(1, 4)	0.000000	0.000000
HDP(1, 5)	0.000000	0.000000
HAP(1, 1)	467500.0	0.000000
HAP(1, 2)	670450.0	0.000000
HAP(1, 3)	0.000000	0.000000
HAP(1, 4)	0.000000	0.000000
HAP(1, 5)	0.000000	0.000000
HRP(1, 1)	21.25000	0.000000
HRP(1, 2)	30.47500	0.000000
HRP(1, 3)	0.000000	0.000000
HRP(1, 4)	0.000000	0.000000
HRP(1, 5)	0.000000	0.000000
TRP(1, 1)	2.000000	0.000000
TRP(1, 2)	2.000000	0.000000
TRP(1, 3)	0.000000	0.000000
TRP(1, 4)	0.000000	0.000000
TRP(1, 5)	0.000000	0.000000
XDLP(1, 1, 1, 1)	0.000000	0.000000
XDLP(1, 1, 2, 1)	0.000000	0.000000
XDLP(1, 1, 3, 1)	45.00003	0.000000
XDLP(1, 2, 1, 1)	0.000000	0.000000
XDLP(1, 2, 2, 1)	0.000000	0.000000
XDLP(1, 2, 3, 1)	45.00000	0.000000
XDLP(1, 3, 1, 1)	0.000000	0.000000
XDLP(1, 3, 2, 1)	0.000000	0.000000
XDLP(1, 3, 3, 1)	0.000000	0.000000
XDLP(1, 4, 1, 1)	0.000000	0.000000
XDLP(1, 4, 2, 1)	0.000000	0.000000
XDLP(1, 4, 3, 1)	0.000000	0.000000
XDLP(1, 5, 1, 1)	0.000000	0.000000
XDLP(1, 5, 2, 1)	0.000000	0.000000
XDLP(1, 5, 3, 1)	0.000000	0.000000
XDCP(1, 1, 1, 1)	0.000000	110840.7
XDCP(1, 1, 2, 1)	0.000000	110840.7
XDCP(1, 1, 3, 1)	0.000000	94517.16
XDCP(1, 2, 1, 1)	0.000000	4572.918
XDCP(1, 2, 2, 1)	0.000000	4572.918
XDCP(1, 2, 3, 1)	0.000000	3382.660
XDCP(1, 3, 1, 1)	0.000000	0.000000
XDCP(1, 3, 2, 1)	0.000000	0.000000
XDCP(1, 3, 3, 1)	0.000000	0.000000
XDCP(1, 4, 1, 1)	0.000000	0.000000
XDCP(1, 4, 2, 1)	0.000000	0.000000
XDCP(1, 4, 3, 1)	0.000000	0.000000
XDCP(1, 5, 1, 1)	0.000000	0.000000
XDCP(1, 5, 2, 1)	0.000000	0.000000
XDCP(1, 5, 3, 1)	0.000000	0.000000
F(1, 1, 1)	1.000000	0.000000
F(1, 2, 1)	1.000000	0.000000
F(1, 3, 1)	1.000000	0.000000
F(1, 4, 1)	1.000000	0.000000
F(1, 5, 1)	1.000000	0.000000
GAMMAPS(1, 1, 1)	0.7000000	0.000000
GAMMAPS(1, 2, 1)	0.7000000	0.000000
GAMMAPS(1, 3, 1)	0.7000000	0.000000
GAMMAPS(1, 4, 1)	0.7000000	0.000000
GAMMAPS(1, 5, 1)	0.7000000	0.000000
WPS(1, 1, 1)	2650.000	0.000000
WPS(1, 2, 1)	217.1000	0.000000
WPS(1, 3, 1)	3771.000	0.000000
WPS(1, 4, 1)	460.0000	0.000000
WPS(1, 5, 1)	1350.000	0.000000

BRPS (1, 1, 1)	5620.000	0.000000
BRPS (1, 2, 1)	10280.00	0.000000
BRPS (1, 3, 1)	7147.000	0.000000
BRPS (1, 4, 1)	12326.00	0.000000
BRPS (1, 5, 1)	13500.00	0.000000
BLPS (1, 1, 1)	11240.00	0.000000
BLPS (1, 2, 1)	20560.00	0.000000
BLPS (1, 3, 1)	14294.00	0.000000
BLPS (1, 4, 1)	24652.00	0.000000
BLPS (1, 5, 1)	27000.00	0.000000
BIPS (1, 1, 1)	500.0000	0.000000
BIPS (1, 2, 1)	500.0000	0.000000
BIPS (1, 3, 1)	500.0000	0.000000
BIPS (1, 4, 1)	500.0000	0.000000
BIPS (1, 5, 1)	500.0000	0.000000
BPDPS (1, 1, 1)	5620.000	0.000000
BPDPS (1, 2, 1)	10280.00	0.000000
BPDPS (1, 3, 1)	7147.000	0.000000
BPDPS (1, 4, 1)	12326.00	0.000000
BPDPS (1, 5, 1)	13500.00	0.000000
ERPS (1, 1, 1)	9.275000	0.000000
ERPS (1, 2, 1)	0.7598500	0.000000
ERPS (1, 3, 1)	13.19850	0.000000
ERPS (1, 4, 1)	1.610000	0.000000
ERPS (1, 5, 1)	4.725000	0.000000
EPPS (1, 1, 1)	2.915000	0.000000
EPPS (1, 2, 1)	0.2388100	0.000000
EPPS (1, 3, 1)	4.148100	0.000000
EPPS (1, 4, 1)	0.5060000	0.000000
EPPS (1, 5, 1)	1.485000	0.000000
ELPS (1, 1, 1)	21.20000	0.000000
ELPS (1, 2, 1)	1.736800	0.000000
ELPS (1, 3, 1)	30.16800	0.000000
ELPS (1, 4, 1)	3.680000	0.000000
ELPS (1, 5, 1)	10.80000	0.000000
BTPS (1, 1, 1)	292.0000	0.000000
BTPS (1, 2, 1)	24.00000	0.000000
BTPS (1, 3, 1)	415.0000	0.000000
BTPS (1, 4, 1)	51.00000	0.000000
BTPS (1, 5, 1)	149.0000	0.000000
HDPS (1, 1, 1)	56200.00	0.000000
HDPS (1, 2, 1)	102800.0	0.000000
HDPS (1, 3, 1)	71470.00	0.000000
HDPS (1, 4, 1)	123260.0	0.000000
HDPS (1, 5, 1)	135000.0	0.000000
HAPS (1, 1, 1)	48894.00	0.000000
HAPS (1, 2, 1)	89436.00	0.000000
HAPS (1, 3, 1)	62178.90	0.000000
HAPS (1, 4, 1)	107236.2	0.000000
HAPS (1, 5, 1)	117450.0	0.000000
HRPS (1, 1, 1)	14.05000	0.000000
HRPS (1, 2, 1)	25.70000	0.000000
HRPS (1, 3, 1)	17.86750	0.000000
HRPS (1, 4, 1)	30.81500	0.000000
HRPS (1, 5, 1)	33.75000	0.000000
TRPS (1, 1, 1)	3.000000	0.000000
TRPS (1, 2, 1)	3.000000	0.000000
TRPS (1, 3, 1)	3.000000	0.000000
TRPS (1, 4, 1)	3.000000	0.000000
TRPS (1, 5, 1)	3.000000	0.000000
XDLPS (1, 1, 1, 1, 1)	0.000000	0.000000
XDLPS (1, 1, 1, 2, 1)	0.000000	0.000000
XDLPS (1, 1, 1, 3, 1)	35.77916	0.000000
XDLPS (1, 2, 1, 1, 1)	0.000000	0.000000

XDLPS (1, 2, 1, 2, 1)	0.000000	0.000000
XDLPS (1, 2, 1, 3, 1)	0.000000	369.1502
XDLPS (1, 3, 1, 1, 1)	0.000000	0.000000
XDLPS (1, 3, 1, 2, 1)	0.000000	0.000000
XDLPS (1, 3, 1, 3, 1)	35.77916	0.000000
XDLPS (1, 4, 1, 1, 1)	0.000000	0.000000
XDLPS (1, 4, 1, 2, 1)	0.000000	0.000000
XDLPS (1, 4, 1, 3, 1)	10.73375	0.000000
XDLPS (1, 5, 1, 1, 1)	0.000000	0.000000
XDLPS (1, 5, 1, 2, 1)	0.000000	0.000000
XDLPS (1, 5, 1, 3, 1)	10.73375	0.000000
XDCPS (1, 1, 1, 1, 1)	0.000000	32082.57
XDCPS (1, 1, 1, 2, 1)	0.000000	32082.57
XDCPS (1, 1, 1, 3, 1)	0.000000	27576.59
XDCPS (1, 2, 1, 1, 1)	0.000000	0.000000
XDCPS (1, 2, 1, 2, 1)	0.000000	0.000000
XDCPS (1, 2, 1, 3, 1)	10.73375	0.000000
XDCPS (1, 3, 1, 1, 1)	0.000000	44148.94
XDCPS (1, 3, 1, 2, 1)	0.000000	44148.94
XDCPS (1, 3, 1, 3, 1)	0.000000	37736.84
XDCPS (1, 4, 1, 1, 1)	0.000000	1963.217
XDCPS (1, 4, 1, 2, 1)	0.000000	1963.217
XDCPS (1, 4, 1, 3, 1)	0.000000	1181.047
XDCPS (1, 5, 1, 1, 1)	0.000000	10668.46
XDCPS (1, 5, 1, 2, 1)	0.000000	10668.46
XDCPS (1, 5, 1, 3, 1)	0.000000	8372.965
X(1, 1)	0.000000	0.000000
X(1, 2)	0.000000	0.000000
X(1, 3)	0.000000	0.000000
X(1, 4)	150.0000	0.000000
KM(1, 1)	280.0000	0.000000
KM(1, 2)	501.0000	0.000000
KM(1, 3)	745.0000	0.000000
KM(2, 1)	58.00000	0.000000
KM(2, 2)	252.0000	0.000000
KM(2, 3)	505.0000	0.000000
KM(3, 1)	358.0000	0.000000
KM(3, 2)	127.0000	0.000000
KM(3, 3)	205.0000	0.000000
KM(4, 1)	622.0000	0.000000
KM(4, 2)	345.0000	0.000000
KM(4, 3)	45.00000	0.000000
KMRD(1, 1)	280.0000	0.000000
KMRD(1, 2)	58.00000	0.000000
KMRD(1, 3)	215.0000	0.000000
KMRD(1, 4)	622.0000	0.000000
KMRD(2, 1)	501.0000	0.000000
KMRD(2, 2)	252.0000	0.000000
KMRD(2, 3)	117.0000	0.000000
KMRD(2, 4)	345.0000	0.000000
KMRD(3, 1)	745.0000	0.000000
KMRD(3, 2)	505.0000	0.000000
KMRD(3, 3)	410.0000	0.000000
KMRD(3, 4)	45.00000	0.000000
KMD(1, 1)	280.0000	0.000000
KMD(1, 2)	58.00000	0.000000
KMD(1, 3)	215.0000	0.000000
KMD(1, 4)	622.0000	0.000000
KMD(2, 1)	501.0000	0.000000
KMD(2, 2)	252.0000	0.000000
KMD(2, 3)	117.0000	0.000000
KMD(2, 4)	345.0000	0.000000
KMD(3, 1)	745.0000	0.000000
KMD(3, 2)	505.0000	0.000000

KMD (3, 3)	410.0000	0.000000
KMD (3, 4)	45.00000	0.000000
KMRA (1, 1)	200.0000	0.000000
KMRA (2, 1)	360.0000	0.000000
KMRA (3, 1)	600.0000	0.000000
KMA (1, 1)	200.0000	0.000000
KMA (2, 1)	360.0000	0.000000
KMA (3, 1)	600.0000	0.000000

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	156875.7	-1.000000
2	0.000000	-1.000000
3	0.000000	-13.19016
4	0.000000	-3016.657
5	0.000000	-0.1185630
6	0.000000	0.1185630
7	-0.1490116E-07	0.1185630
8	-0.5587935E-08	0.1185630
9	0.000000	0.1185630
10	0.000000	-0.1185630
11	0.000000	-0.1185630
12	-0.5587935E-08	-0.1185630
13	0.000000	-0.1185630
14	-0.1862645E-08	-0.1185630
15	0.000000	-0.1185630
16	0.000000	-0.1185630
17	0.000000	-0.1185630
18	0.000000	-0.1185630
19	0.000000	3016.657
20	0.000000	1.000000
21	0.000000	13.19017
22	150.0000	0.000000
23	123.4668	0.000000
24	150.0000	0.000000
25	150.0000	0.000000
26	50.00000	0.000000
27	150.0000	0.000000
28	150.0000	0.000000
29	150.0000	0.000000
30	45.00003	0.000000
31	150.0000	0.000000
32	150.0000	0.000000
33	150.0000	0.000000
34	45.00000	0.000000
35	0.000000	0.000000
36	0.000000	0.000000
37	0.000000	0.000000
38	0.000000	0.000000
39	0.000000	0.000000
40	0.000000	0.000000
41	0.000000	0.000000
42	0.000000	0.000000
43	0.000000	0.000000
44	0.000000	0.000000
45	0.000000	0.000000
46	0.000000	0.000000
47	100.0000	0.000000
48	100.0000	0.000000
49	0.000000	0.000000
50	0.000000	0.000000
51	0.000000	0.000000
52	100.0000	0.000000
53	100.0000	0.000000
54	100.0000	0.000000

55	100.0000	0.000000
56	100.0000	0.000000
57	100.0000	0.000000
58	100.0000	0.000000
59	74.95459	0.000000
60	100.0000	0.000000
61	100.0000	0.000000
62	100.0000	0.000000
63	100.0000	0.000000
64	100.0000	0.000000
65	100.0000	0.000000
66	100.0000	0.000000
67	74.95459	0.000000
68	100.0000	0.000000
69	100.0000	0.000000
70	100.0000	0.000000
71	74.95459	0.000000
72	100.0000	0.000000
73	100.0000	0.000000
74	100.0000	0.000000
75	100.0000	0.000000
76	100.0000	0.000000
77	0.000000	-208145.1
78	0.000000	-201632.5
79	0.000000	-209580.0
80	0.000000	-178840.0
81	0.000000	-172327.5
82	0.000000	-208085.8
83	0.000000	-228599.0
84	0.000000	-221883.6
85	0.000000	-230078.7
86	0.000000	-125040.7
87	0.000000	-124551.1
88	0.000000	-125148.6
89	0.000000	0.000000
90	0.000000	0.000000
91	0.000000	0.000000
92	0.000000	0.000000
93	0.000000	0.000000
94	0.000000	0.000000
95	0.000000	0.000000
96	0.000000	0.000000
97	0.000000	0.000000
98	0.000000	-47736.44
99	0.000000	-45693.84
100	0.000000	-62679.76
101	0.000000	-14388.40
102	0.000000	-14220.52
103	0.000000	-14425.39
104	0.000000	-67026.04
105	0.000000	-64123.03
106	0.000000	-89371.05
107	0.000000	-20395.86
108	0.000000	-20039.11
109	0.000000	-20474.47
110	0.000000	-35667.24
111	0.000000	-34624.96
112	0.000000	-35896.90
113	0.000000	-207678.6
114	0.000000	-207678.6
115	0.000000	-207789.4
116	0.000000	-229663.7
117	0.000000	-229663.7
118	0.000000	-229663.7

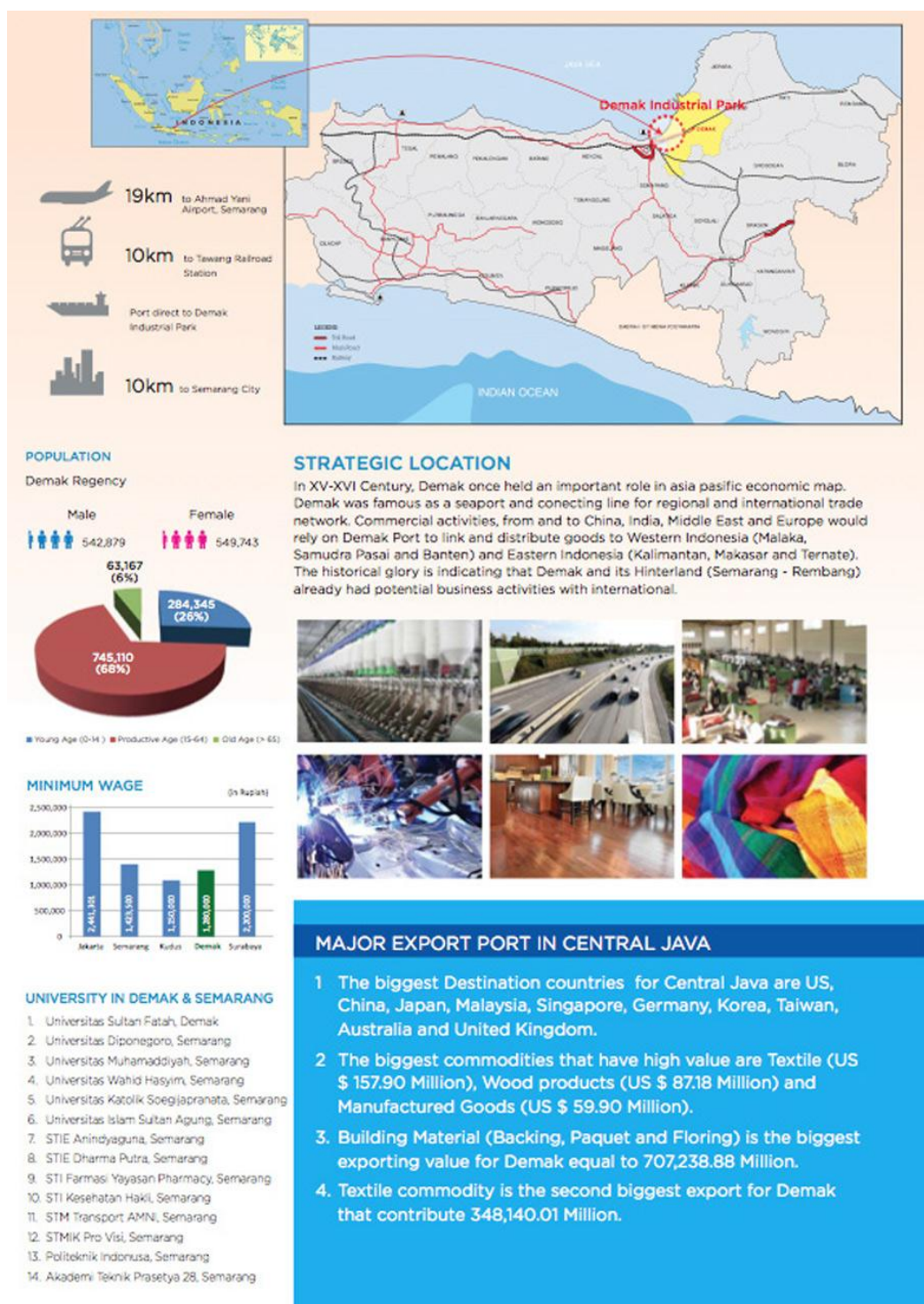
119	0.000000	-14002.71
120	0.000000	-14002.71
121	0.000000	-14002.71
122	0.000000	0.000000
123	0.000000	0.000000
124	0.000000	0.000000
125	0.000000	0.000000
126	0.000000	0.000000
127	0.000000	0.000000
128	0.000000	0.000000
129	0.000000	0.000000
130	0.000000	0.000000
131	0.000000	-62620.48
132	0.000000	-62620.48
133	0.000000	-62620.48
134	0.000000	-2801.675
135	0.000000	-2801.675
136	0.000000	-3170.825
137	0.000000	-89311.77
138	0.000000	-89311.77
139	0.000000	-89311.77
140	0.000000	-8178.483
141	0.000000	-8178.483
142	0.000000	-8178.483
143	0.000000	-29378.69
144	0.000000	-29378.69
145	0.000000	-29378.69
146	0.000000	422404.6
147	0.000000	422404.6
148	0.000000	422404.6
149	0.000000	422404.6
150	0.000000	0.000000
151	0.000000	0.000000
152	149.0000	0.000000
153	25.53319	0.000000
154	0.000000	0.000000
155	0.000000	0.000000
156	0.000000	0.000000
157	0.000000	0.000000
158	284.1362	0.000000
159	0.000000	0.000000
160	0.000000	0.000000
161	1100.000	0.000000
162	1004.004	0.000000
163	0.000000	0.000000
164	0.000000	47.83225
165	0.000000	0.000000
166	0.000000	0.000000
167	2954.591	0.000000
168	150.0000	0.000000
169	150.0000	0.000000
170	150.0000	0.000000
171	0.000000	0.000000
172	0.000000	110.7451
173	0.000000	110.7451
174	48.46681	0.000000
175	0.000000	110.7451
176	0.000000	110.7451
177	105.0000	0.000000
178	0.000000	0.000000
179	0.000000	0.000000
180	0.3150252E-04	0.000000
181	0.000000	110730.9
182	0.000000	110730.9

183	0.000000	110730.9
184	0.000000	0.000000
185	0.000000	0.000000
186	0.000000	0.000000
187	0.000000	0.000000
188	0.000000	0.000000
189	0.000000	0.000000
190	0.000000	0.000000
191	0.000000	0.000000
192	0.000000	0.000000
193	0.000000	0.000000
194	0.000000	0.000000
195	25.04541	0.000000
196	0.000000	11564.44
197	0.000000	11564.44
198	0.000000	11195.29
199	0.000000	0.000000
200	0.000000	0.000000
201	25.04541	0.000000
202	0.000000	12236.70
203	0.000000	12236.70
204	0.000000	12236.70
205	0.000000	6458.925
206	0.000000	6458.925
207	0.000000	6458.925
208	0.000000	1.700370
209	0.000000	1.700370
210	100535.7	0.000000
211	2.000000	0.000000
212	2.000000	0.000000
213	2.000000	0.000000
214	0.000000	0.000000
215	0.000000	0.000000
216	0.000000	0.000000
217	0.000000	363123.1

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

Lampiran 2. Informasi Kawasan Industri Potensial

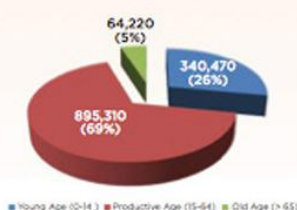




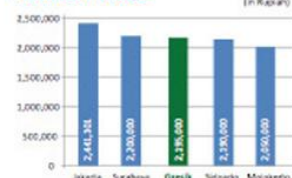


POPULATION

Gresik Regency



MINIMUM WAGE



UNIVERSITY IN GRESIK

1. Universitas Muhammadiyah Gresik
2. Universitas Islam Gresik
3. Sekolah Tinggi Ilmu Ekonomi Nu Trate
4. Sekolah Tinggi Teknik Qomaruddin
5. Akademi Keperawatan Gresik
6. Akademi Analisis Kesehatan Delima Husada

STRATEGIC LOCATION

Gresik Industrial Park is located in Gresik Regency, East Java province of Indonesia with an area of 1,191.25 km² and is lowland with a height of 2 to 25 meters above sea level except the District Panceng which has a height of 25 meters above the water surface area. North Gresik regency is bordering with the Java Sea, the East with the city of Surabaya and Madura Strait, south by the district of Sidoarjo, Mojokerto regency, and west borders with Lamongan. The diverse and growing economy makes it the perfect place for industrial businesses looking to access a large skilled workforce.



STRENGTH OF REGION

1. Gresik is the Surabaya hinterland.
2. Availability of land, Surabaya - Gresik toll road, power source and clean water supply.
3. Gresik is the third highest GDP in East Java after Kediri and Surabaya.

EXISTING INDUSTRY

1. Integrated industrial estate & port of Manyar (JIIPE) 1,700 ha.
2. Semen Gresik, Petrokimia Gresik, Nippon Paint, BHS-Text, timber industry / Plywood and Maspion.
3. PT Smelting Gresik, ore processing.
4. Fisheries product
5. Horticulture industrial area by PT. Polowijo Gosari.
6. Rice, maize, cassava.
7. Swallow bird's nest.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BIODATA PENULIS



Penulis bernama Yudi Syahrullah dan dilahirkan pada tanggal 29 September 1984. Penulis menempuh jenjang pendidikan di SDN Perigi V Tangerang (1990 – 1995), MI Al-Islamiah Tangerang (1991 – 1995), MTS Darussalam Tangerang (1995 – 1998), SMU Negeri 3 Tangerang (1998 – 2001), S1 Teknik Industri Universitas Esa Unggul Jakarta (2001 – 2005) dan S2 Teknik Industri ITS Surabaya Bidang Manajemen Kualitas dan Manufaktur (2012 – 2015).

Selama menempuh jenjang S2, penulis pernah melakukan penelitian yang melibatkan Dosen, Bapekko Surabaya, Kementrian Lingkungan Jepang dan Mahasiswa - Mahasiswa lainnya pada bidang manajemen lingkungan. Penulis pernah bekerja pada berbagai macam jenis industri, seperti elektronik, otomotif dan farmasi serta mempunyai pengalaman kerja pada bidang pekerjaan *supply chain* dan sistem manajemen mutu. Saat ini penulis memiliki profesi sebagai *Lead auditor* untuk sertifikasi Sistem manajemen mutu (ISO 9001), Sistem manajemen lingkungan (ISO 14001) dan Sistem manajemen Kesehatan dan keselamatan kerja (OHSAS 18001) pada salah satu badan sertifikasi internasional yang memiliki kantor perwakilan di Surabaya. Penulis dapat dihubungi pada alamat email: yudi.syahrullah@yahoo.co.id

(Halaman ini sengaja dikosongkan)